



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica**

**Propuesta metodológica para la generación de  
ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con  
microdron – multirrotor, área de estudio: playas distrito  
de Barranco, Lima-Perú**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo**

**AUTOR**

**Omar Christian QUISPE ENRIQUEZ**

**ASESOR**

**Rolando YARIHUAMÁN AGUILAR**

**Lima, Perú**

**2016**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Quispe, O. (2016). *Propuesta metodológica para la generación de ortofotomapas desde imágenes aéreas obtenidas con microdron – multirrotor, área de estudio: playas distrito de Barranco, Lima-Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓGRAFO**

En el salón de Grados de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el jueves 01 de setiembre del 2016, siendo las 17:00 horas, en presencia de los Señores Docentes designados como Jurado Calificador.

Mg. Pacheco Abad, Renán Alberto  
Ing. Huamán Amasifuen, Luis Alberto  
Ing. Sandoval Casas, José Antonio

Presidente  
Miembro  
Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la TESIS titulada: **"PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPAS DESDE IMÁGENES AÉREAS OBTENIDAS CON MICRODRON - MULTIROTOR, ÁREA DE ESTUDIO: PLAYAS DISTRITO DE BARRANCO, LIMA - PERÚ"**, presentada por el Bachiller OMAR CHRISTIAN QUISPE ENRIQUEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon al Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a: CONFORMIDAD DEL JURADO

Concluida la sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue: APROBADO SOBRESALIENTE DIECISIETE (17)

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓGRAFO, a Don OMAR CHRISTIAN QUISPE ENRIQUEZ.

Siendo las 18:35, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Ciudad Universitaria, 01 de setiembre del 2016

  
**MG. RENÁN ALBERTO PACHECO ABAD**

PRESIDENTE

  
**Ing. LUIS ALBERTO HUAMÁN AMASIFUEN**  
MIEMBRO

  
**Ing. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL CASAS**  
MIEMBRO



*A mi madre Ana Enriquez Cárdenas*  
*A mi padre Florián Quispe Cárdenas*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito comprobar la posibilidad de emplear microdrones-multirotores para la generación de ortofotomapas que cumplan las especificaciones técnicas elaboradas por las instituciones técnicas oficiales del gobierno peruano.

En primera instancia se propone y desarrolla un esquema metodológico detallado; subdividido en 8 fases generales: El plan de vuelo, prevuelo, vuelo, ortofoto sin control, determinación de puntos de control, ortofoto controlada, ajuste polinomial y ortofotomapa.

Para el desarrollo de la tesis: **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPAS DESDE IMÁGENES AÉREAS OBTENIDAS CON MICRODRON-MULTIROTOR, ÁREA DE ESTUDIO: PLAYAS DISTRITO DE BARRANCO, LIMA-PERÚ**, se empleó el microdron Phantom 2 v2 como plataforma de vuelo, al cual se incorporó el accesorio Flytrex para registrar el posicionamiento geográfico y un método de sincronización con la cámara GoPro Hero Black 4, para obtener las coordenadas GPS de aproximación media de los centro de perspectiva de las imágenes aéreas. Asimismo el sistema de comunicación data link (Ground Station) es empleado para la programación de rutas de vuelo considerando parámetros fotogramétricos.

La fase experimental para la producción de ortofotomapa a escala 1:1000, se desarrolla en las playas del distrito de Barranco, Lima – Perú, estas en su conjunto presentan una longitud aproximada de 2km.

En el proceso de verificación de la calidad del ortofotomapa obtenido al final en referencia a las características técnicas apropiadas para la escala estimada (1:1000), se comparó elementos fijos identificados en la playa visualizada en la ortofoto con ajuste polinomial y la posición geográfica de estos elementos con un método de posicionamiento RTK.

Para cubrir el área de estudio se estimó 3 zonas en la fase de plan de vuelo considerando los riesgos probables en el desarrollo del estudio, de igual manera se estimó los parámetros fotogramétricos. Se realizó en cada zona de despegue el proceso de prevuelo como medida de una correcta operatividad del dron, concluido el vuelo programado se obtuvo las imágenes aéreas que posteriormente fueron procesadas en el software fotogramétrico Agisoft dando como primer resultado la ortofoto no controlada, esto fue material de apoyo para determinar geográficamente los puntos de fotocontrol empleando el sistema RTK, luego se procedió a reprocesar en el software fotogramétrico identificando los puntos de control en las imágenes aéreas y obteniéndose una ortofoto con un error medio cuadrático de 1 metro en planimetría, con este resultado es factible de extraer información cartográfica a escala 1:5000.

Sin embargo, posterior a la obtención de la Ortofoto, se utilizó el software de sistemas de información geográfica ArcGIS (módulo de Arcmap), el mismo que permitió realizar un ajuste planimétrico polinomial, reutilizando los puntos de control anteriormente identificados, este proceso favoreció en el ajuste global de la ortofoto, obteniendo un error medio cuadrático de 0.20 m.

En base a un levantamiento de mayor orden, en este caso un levantamiento topográfico a escala 1:1000 considerando elementos fijos presente en las playas, se realizó la verificación del método planteado, el cual indica una confiabilidad de trazo al 76% del ortofotomapa a escala 1:1000.

Concluyendo en base al área de estudio que el **sistema microdron-multirotor** “potenciado” empleado conjuntamente en la presente **propuesta metodológica** ,es una alternativa para la generación de **ortofotomapas**, con un error de trazo planimétrico de 76% , con categorización de tercer y cuarto orden ,el cual se recomienda a escalas comprendidas entre 1:5000-1:1000, de gran utilidad en casos de evaluación y estudios planimétricos como: la actualización cartográfica, estudios hidrográficos, estudios geográficos, geolocalización, mapas de ruta, planeación territorial, estado de cobertura vegetal, medio ambiente, recreación, visualización de paisaje entre otras aplicaciones.

# ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>2</b>
1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVO GENERAL	3
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. HIPÓTESIS	4
1.6. METODOLOGÍA	4
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>5</b>
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. ESTUDIOS PRELIMINARES	5
2.2. DEFINICIONES DRON	6
2.3. ESTRUCTURA DEL DRON	8
2.4. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE DRON	12
2.5. MARCO CONCEPTUAL	13
2.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ORTOFOTOS	18
2.6.1. REQUERIMIENTO DE ORTOFOTO	18
2.6.2. GEOREFERENCIACIÓN DE LA ORTOFOTO	18
2.6.3. POST PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ORTOFOTO	19
2.6.4. CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA DE LA ORTOFOTO PROCESADA	19
2.6.5. COMPROBACIÓN DE POSICIONAMIENTO DE LA ORTOFOTO	19
2.7. REFERENCIAS INTERNACIONALES	20
2.8. CLASIFICACIÓN DE ORTOFOTO	22
2.9. IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS PARA GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPAS	24
2.10. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	26
2.11. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	28
2.11.1. PLAN DE VUELO	28
2.11.1.1. CONSIDERACIONES PREVIA AL VUELO DRON	28
2.11.1.2. ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO DEL PROYECTO	28
2.11.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FOTOGRAMÉTRICAS	29
2.11.2. PRE VUELO	32
2.11.2.1. SEÑALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DE ESTADO APROPIADO PARA EL VUELO DRON	32
2.11.3. IMÁGENES AÉREAS	34
2.11.3.1. PLANEAMIENTO DE VUELO PROGRAMADO	34
2.11.3.2. EJECUCIÓN DEL VUELO	35
2.11.4. PROCESO DE ORTOFOTO NO CONTROLADA	36
2.11.5. GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL	37
2.11.6. PROCESO DE ORTOFOTO CONTROLADA	38
2.11.7. AJUSTE POLINOMIAL	39
2.11.8. GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPA	40
<b>CAPITULO III</b>	<b>41</b>
3. COMPONENTES DEL SISTEMA MICRODRON-MULTIROTOR EN EL CASO DE ESTUDIO	41
3.1. PLATAFORMA MICRODRON – MULTIROTOR	41
3.2. ESPECIFICACIONES PHANTOM 2 V2	42
3.3. COMPONENTES PARA POTENCIAR EL SISTEMA MICRODRON EN EL CASO DE ESTUDIO	43
3.3.1. GIMBAL	43
3.3.2. DATA LINK - GROUND STATION	43
3.3.3. CÁMARA FOTOGRÁFICA	45
3.3.4. FLYTREX	46
3.4. CONSIDERACIONES DE OPERATIVIDAD	47
3.4.1. RECOMENDACIONES DE VUELO - DJI	47
3.4.2. EMPLEABILIDAD DEL PHANTOM 2 V2 EN LA FOTOGRAMETRÍA	48

<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>49</b>
4. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE PRECISIÓN Y EXACTITUD DEL MICRODRON-MULTIROTOR	49
4.1. CONFIGURACIÓN DE CÁMARA DEPORTIVA GOPRO PARA FINES FOTOGRAFÉTICOS	54
4.1.1. DETERMINAR EL GSD	57
4.1.2. CÁLCULO DE GSD EN RELACIÓN A LOS 5MP	57
4.1.3. CÁLCULO EXPERIMENTAL-TEÓRICO	59
4.1.4. CÁLCULO EXPERIMENTAL	60
4.1.5. RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS	61
<b>CAPITULO V</b>	<b>62</b>
5. ORTOFOTOMAPA A ESCALA 1:1000 DE LAS PLAYAS DEL DISTRITO DE BARRANCO	62
5.1. PLAN DE VUELO	62
5.1.1. CONSIDERACIONES PREVIA AL VUELO DRON	62
5.1.2. ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO DEL PROYECTO	66
5.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FOTOGRAFÉTICAS	68
5.2. PRE VUELO	76
5.2.1. SEÑALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DE ESTADO APROPIADO PARA EL VUELO DEL DRON	76
5.3. IMÁGENES AÉREAS	78
5.3.1. PLANEAMIENTO DE VUELO PROGRAMADO – PC	78
5.3.2. EJECUCIÓN DEL VUELO	79
5.4. PROCESO SIN CONTROL	83
5.4.1. GEOREFERENCIAR PUNTOS DE CONTROL	87
5.5. PROCESO DE ORTOFOTO CONTROLADA	93
5.6. AJUSTE POLINOMIAL	100
5.6.1. AJUSTE POLINOMIAL PLANIMÉTRICO	100
5.7. GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPA	112
<b>RESULTADOS</b>	<b>124</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>126</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA</b>	<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>131</b>
ANÁLISIS DE POSICIONAMIENTO DEL MICRODRON	131
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS GEODÉSICOS	142
CONTROL HORIZONTAL-PUNTO BASE	144
CONTROL VERTICAL-DATUM VERTICAL	145
FICHA - PUNTOS DE FOTOCONTROL	146
RESUMEN - REPORTE DE AGISOFT DEL PROCESAMIENTO	155
COMPARATIVA DE POSICIONAMIENTO GEOGRÁFICO	158
VERIFICACIÓN DE ERROR ALTIMÉTRICO	159
AJUSTE POLINOMIAL SEGUNDO ORDEN-VUELO INDEPENDIENTE	161
AJUSTE POLINOMIAL DE SEGUNDO ORDEN DE LA ORTOFOTO DEL ÁREA DE TRABAJO	163
LICENCIA DE PILOTO	167

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.Ejemplos de Frame. ....	8
Figura N° 2.Ejemplo Esc.....	8
Figura N° 3.Ejemplo de motores. ....	8
Figura N° 4.Ejemplo de Hélice.....	8
Figura N° 5.Controlador de vuelo del Phantom 2 v2.....	9
Figura N° 6.Ejemplo Receptor de señal de radio .....	9
Figura N° 7.Radio Control .....	9
Figura N° 8.Radio control Phantom 2 v2. ....	9
Figura N° 9.Batería Phantom 2.....	10
Figura N° 10.Batería Lipo. ....	10
Figura N° 11.Batería Phantom.....	10
Figura N° 12.Gimbal y Cámara en un Frame. ....	11
Figura N° 13 Gimbal y GoPro.....	11
Figura N° 14. Estabilizador Gimbal.....	11
Figura N° 15.Ejemplo Brújula.....	11
Figura N° 16.GPS Phantom.....	11
Figura N° 17.Dispositivo que permite visualizar lo que registra la camara digital.....	11
Figura N° 18.Representación Gráfica de los MDE, MDS y MDT.....	15
Figura N° 19.Representación de funcionalidad RTK .....	16
Figura N° 20.Parámetros para el planeamiento de vuelo. ....	21
Figura N° 21.Procedimiento de los servicios de observación con uav. ....	24
Figura N° 22.Fases para la obtención de ortofoto y cartografía.....	25
Figura N° 23.Esquema metodológico para la obtención de Modelo Superficie. ....	25
Figura N° 24.Recubrimiento longitudinal. ....	30
Figura N° 25.Recubrimiento transversal. ....	30
Figura N° 26.Características generales del Phantom 2 v2. ....	42
Figura N° 27.Gimbal Zenmuse 3–Cámara GoPro. ....	43
Figura N° 28.Componentes electrónicos data link. ....	44
Figura N° 29.Esquema conexiones. ....	44
Figura N° 30.Plataforma digital Ground Station. ....	44
Figura N° 31.GoPro Hero 4.....	46
Figura N° 32.Accesorio Flytrex.....	46
Figura N° 33.Comunicación visual directa. ....	47
Figura N° 34.Microdron recepción de datos GPS. ....	49
Figura N° 35.Tiempo de registro de 5 minutos por punto. ....	50
Figura N° 36.Comparativa valor verdadero y valor promedio .....	52
Figura N° 37.Comparativa entre posicionamiento planimétrico .....	52
Figura N° 38.Desviación estándar de los puntos geográficos obtenidos con el posicionamiento dron.....	53
Figura N° 39.Captura de imagen con 12MP. ....	55
Figura N° 40.Apreciación aproximada a 5mp dentro del recuadro amarillo. ....	55
Figura N° 41.Metadada de la imagen digital.....	56
Figura N° 42.Imagen con 5MP.....	56
Figura N° 43.Relación geométrica entre el sensor y la superficie terrestre. ....	58
Figura N° 44.Imagen aérea a 100 metros de altura en referencia al área de despegue.....	59
Figura N° 45.Medición horizontal en Google Earth en contraste a la distancia en.....	59
Figura N° 46.Procesamiento de ortofoto para la determinación de GSD a 100m de Altura.....	60
Figura N° 47.Via costa verde.. ....	64
Figura N° 48.Visualización de parapente cerca al Barranco.....	64
Figura N° 49.Presencia de construcciones en el Barranco.....	65
Figura N° 50.Presencia de antenas en ámbitos del desarrollo de vuelo.....	65

Figura N° 51.Presencia de aves en el ecosistema. ....	65
Figura N° 52.Visualización del corredor vial costa verde en la playa Barranco. ....	66
Figura N° 53.Visualización de las playas del distrito de Barranco en la plataforma virtual ....	67
Figura N° 54.Sub división de las zonas de vuelo (2 playas por vuelo). ....	67
Figura N° 55.A la izquierda imagen dron aérea vertical y a ..... 68	68
Figura N° 56.Discriminación de elementos mediante la realización de un zoom virtual. ....	69
Figura N° 57.Cálculo de la distancia entre toma y toma en una misma toma de vuelo. ....	70
Figura N° 58.Cálculo entre distancia de las líneas de vuelo. ....	71
Figura N° 59.Componentes adheridos al dron disminuyen su autonomía en el vuelo. ....	73
Figura N° 60.Planificación y programación de las rutas de vuelo para una zona de vuelo. ....	74
Figura N° 61.Marca visual para brindarle posición geográfica. ....	75
Figura N° 62.Uso de elementos del entorno identificables para fotocontrol. ....	76
Figura N° 63. Ingreso de parámetro de vuelo en el software para la.....	79
Figura N° 64. Registro de la posición geográfica del dron desde el encendido hasta el apagado del dron. ....	80
Figura N° 65.Página web permite publicar y visualizar el recorrido del dron. ....	81
Figura N° 66.Manipulación y limpieza de datos de posicionamiento dron. ....	81
Figura N° 67.Verificación del recorrido de vuelo y altitud en plataforma virtual Google Earth. ....	82
Figura N° 68.Representación de posición de la cámara en el vuelo. ....	83
Figura N° 69.Generación de puntos para la elaboración de modelo tridimensional. ....	83
Figura N° 70.Clasificación de nube de puntos. ....	84
Figura N° 71.Creación de malla del modelo. ....	84
Figura N° 72.Representación de la ortofoto obtenida. ....	85
Figura N° 73.Ortofoto no controlada-vuelo 1. ....	85
Figura N° 74.Ortofoto no controlada-vuelo 2. ....	86
Figura N° 75.Ortofoto no controlada-vuelo 3. ....	86
Figura N° 76.Ortofoto no controlada de las playas del distrito de Barranco. ....	87
Figura N° 77.Identificación de los puntos de control con apoyo de la ortofoto digital. ....	88
Figura N° 78.Punto cruz -triangulo rojo y BM de color azul. ....	89
Figura N° 79.Instalación del equipo geodésico en el punto CRUZ como estación base de referencia. ....	89
Figura N° 80.Monumento punto CRUZ DHN. ....	90
Figura N° 81.Área donde se ubica el BM. ....	90
Figura N° 82.Referencia de la ubicación del BM. ....	91
Figura N° 83.Discriminación de tonalidades para puntos de fotocontrol. ....	92
Figura N° 84.Uso de señales de tránsito como puntos de fotocontrol. ....	92
Figura N° 85.Obtención de punto de control con método RTK. ....	92
Figura N° 86.Puntos de control empleados en el vuelo 1. ....	94
Figura N° 87.Puntos de control empleados en el vuelo 2. ....	95
Figura N° 88.Puntos de control empleados en el proceso de vuelo 3. ....	96
Figura N° 89.Determinación del error planímetro en plataforma GIS. ....	97
Figura N° 90.MDS-vuelo 1 texturizado y los puntos de elevación obtenidos con el método RTK. ....	98
Figura N° 91.Los puntos representan la cota del terreno obtenido con método RTK. ....	99
Figura N° 92.Referencia de la imprecisión de las curvas de nivel. ....	99
Figura N° 93.Ajuste planimétrico del vuelo 1 en software Arcgis. ....	100
Figura N° 94.Zonificación de los puntos de control. ....	102
Figura N° 95.Correspondencia entre puntos de control y su posición en el ortofoto. ....	104
Figura N° 96.Zoom para identificar los puntos de control. ....	105
Figura N° 97.Error porcentual del ortofotomapa en referencia al muestreo de elementos fijos. ....	109
Figura N° 98.Representación del ortofotomosaico en formato A1 para impresión, escala 1:2500 playas del distrito de Barranco. ....	112
Figura N° 99.Representación de la ortofoto en formato A1 para impresión, escala 1:1000 la Playa Las Sombrillas y Playa Yuyos. ....	113
Figura N° 100.Representación de la ortofoto en formato A1 para impresión, escala 1:1000 de la Playa Barranco y Playa Los Pavos. Fuente: Elaboración propia. ....	114
Figura N° 101.Representación de la ortofoto en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranquito y Playa Las Cascadas. ....	115

Figura N° 102.Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:2500 de la playas del distrito de Barranco. ....	116
Figura N° 103.Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Las Sombrillas y Playa Yuyos.....	117
Figura N° 104.Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranco y Playa Los Pavos. ....	118
Figura N° 105.Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranquito y Playa Las Cascadas. ....	119
Figura N° 106.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:2500 de las playas del distrito de Barranco. ....	120
Figura N° 107.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Las Sombrillas y Playa Los Yuyos.....	121
Figura N° 108.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranco y Playa Los Pavos. ....	122
Figura N° 109.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa de Barranquito y Playa Las Cascadas. ....	123
Figura N° 110.Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P1. ....	133
Figura N° 111.Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P1.....	133
Figura N° 112.Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P2. ....	135
Figura N° 113.Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P2.....	135
Figura N° 114.Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P3. ....	137
Figura N° 115.Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P3.....	137
Figura N° 116.Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P4. ....	139
Figura N° 117.Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P4.....	139
Figura N° 118.Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P5. ....	141
Figura N° 119.Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P5. ....	141
Figura N° 120.Puntos control Playa Las Sombrillas y Playa Yuyos .....	155
Figura N° 121.Puntos control Playa Barranco y Playa los Pavos. ....	156
Figura N° 122. Puntos control Playa Barranquito y Las Cascadas.....	157
Figura N° 123.EMC de las ortofotos verificados en Arcgis.....	158
Figura N° 124.Licencia de Acreditación transitoria de piloto RPA. ....	167

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1.Clasificación de ortofotos en base a su precisión, tipo de elaboración y características. ....	22
Cuadro N° 2.Uso recomendado de la ortofoto en relación a su clasificación. ....	23
Cuadro N° 3.Altura de vuelo y GSD.....	29
Cuadro N° 4.Características técnicas de la cámara fotográfica. ....	45
Cuadro N° 5.Relación en altura de vuelo y GSD obtenido. ....	61
Cuadro N° 6.Representación del área de trabajo identificándose las playas del distrito de Barranco .....	87
Cuadro N° 7.Características del punto CRUZ para control horizontal.....	90
Cuadro N° 8.Determinación de la altura geoidal según punto cruz.....	91
Cuadro N° 9.Coordenadas geográficas del punto cruz corregida. ....	91
Cuadro N° 10.Características de los puntos de control en relación a los vuelos.....	92
Cuadro N° 11.Puntos de fotocontrol con método RTK. ....	93
Cuadro N° 12.Resumen de los errores medios cuadráticos en referencia al vuelo. ....	98
Cuadro N° 13.Puntos de control para ajuste de las ortofotos en un solo bloque.....	103
Cuadro N° 14. Uso recomendado de la ortofoto en relación a los resultados.....	111
Cuadro N° 15.Resumen del registro del punto P1. ....	132
Cuadro N° 16.Resumen de posicionamiento del punto P1. ....	132
Cuadro N° 17.Resumen del registro del punto P2. ....	134
Cuadro N° 18.Resumen de posicionamiento del punto P2. ....	134



Cuadro N° 19. Resumen del registro del punto P3. ....	136
Cuadro N° 20. Resumen de posicionamiento del punto P3. ....	136
Cuadro N° 21. Resumen del registro del punto P4. ....	138
Cuadro N° 22. Resumen de posicionamiento del punto P4. ....	138
Cuadro N° 23. Resumen del registro del punto P5. ....	140
Cuadro N° 24. Resumen de posicionamiento del punto P5. ....	140
Cuadro N° 25. Error altimétrico en la zona de estacionamiento de la Playa Las Sombrillas. ....	159
Cuadro N° 26. Error altimétrico en la Playa Las Sombrillas. ....	159
Cuadro N° 27. Puntos de control empleados para el ajuste polinomial del ortofotomosaico. ....	163

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Tipología de dron. ....	12
Tabla N° 2. Clasificación de la fotogrametría. ....	13
Tabla N° 3. Relación entre escala cartográfica y GSD. ....	20
Tabla N° 4. Relación entre escala y exactitud. ....	21
Tabla N° 5. Adaptado del manual de DJI para Phantom 2 v2. ....	41
Tabla N° 6. Características del tipo de registro geográfico del GPS del dron. ....	50
Tabla N° 7. Características geográficas de los puntos fijos. ....	51
Tabla N° 8. Coordenadas GPS dron. ....	51
Tabla N° 9. Variación entre valores de posicionamiento geográfico dron-DGPS. ....	51
Tabla N° 10. Variación media de posicionamiento dron. ....	53
Tabla N° 11. Relación entre altura de vuelo y su representación lineal en el terreno. ....	60
Tabla N° 12. Comparación de los métodos para determinar GSD. ....	61
Tabla N° 13. Característica GoPro. ....	68
Tabla N° 14. Errores en sus respectivos ejes geográficos en el desarrollo de la plataforma Agisoft. ....	97
Tabla N° 15. EMC altimétrico en distintas zonas del área de estudio. ....	99
Tabla N° 16. Resumen de los errores planimétricos por modelo. ....	100
Tabla N° 17. Residuales evaluados del ajuste polinomial de los 3 vuelos rectificadas y unidos. ....	103
Tabla N° 18. Resumen del ajuste polinomial de distintos órdenes en Arcgis. ....	106
Tabla N° 19. Error de la ortofoto en base a elementos fijos georeferenciados con RTK. ....	107
Tabla N° 20. Error de la ortofoto en base a elementos fijos georeferenciados con RTK. ....	108
Tabla N° 21. Error de la ortofoto en base a elementos fijos georeferenciados con RTK. ....	108
Tabla N° 22. Comparativa general entre resultados del autor y especificaciones de instituciones. ....	110
Tabla N° 23. Hora local de encendido y apagado del microdron para el registro de datos. ....	131
Tabla N° 24. Resumen del emc los puntos de control en relación a la ortofoto del vuelo 1. ....	155
Tabla N° 25. Resumen del emc los puntos de control en relación a la ortofoto del vuelo 2. ....	156
Tabla N° 26. Resumen del emc los puntos de control en relación a la ortofoto del vuelo 3. ....	157
Tabla N° 27. EMC altimétrico de la ortofoto en el vuelo 1. ....	160
Tabla N° 28. EMC altimétrico de la ortofoto en el vuelo 2. ....	160
Tabla N° 29. EMC altimétrico de la ortofoto en el vuelo 3. ....	160
Tabla N° 30. Reporte del ajuste polinomial de segundo orden en Arcgis del vuelo 1. ....	161
Tabla N° 31. Reporte del ajuste polinomial de segundo orden en Arcgis del vuelo 2. ....	161
Tabla N° 32. Reporte del ajuste polinomial de segundo orden en Arcgis del vuelo 3. ....	162

# INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de proyectos de infraestructura, de prospectiva territorial, viales, ambientales, turísticos, catastrales, de seguridad entre otros es recurrente dimensionar las características físicas del territorio o área de proyecto, y representarlo en mapas o planos para estudiar o intervenir el territorio. Dicha representación es requerida en muchas ocasiones en ámbitos específicos de poca dimensión, pero con gran detalle topográfico empleando el menor tiempo posible, así como con niveles de precisión y exactitud de acuerdo a la escala seleccionada, al menor costo posible.

Para la solución de análisis de detalle y precisión espacial disponemos como alternativa el uso de imágenes de satélite de alta resolución como Word View 3 (30 cm) o imágenes a partir de vuelos aéreos tripulados, esta alternativa genera una dependencia de factores meteorológicos, elevados costos para pequeñas áreas de estudio (< 80ha) y el empleo de software especializado que por la extensión del área considerada muchas veces no se justifica.

Actualmente cuando se quiere la representación topográfica de un área de poca dimensión, involucra el uso de la estación total o un levantamiento con tecnología RTK (Real Time Kinematic), los cuales son de menor costo y de rápida producción cartográfica en relación a las imágenes de satélite. Pero al utilizar esta tecnología solo nos brindará información geográfica (Este, Norte y Cota) de los puntos levantados directamente en campo, no permite un análisis visual en comparativo a la estéreo-fotografía.

En los últimos años se está incorporando la tecnología RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) conocido comúnmente como dron<sup>1</sup> para los trabajos de cartografía, para zonas de poca dimensión con un buen nivel de detalle, de rápida producción, generando ortofotomapas correctamente georreferenciados al emplear puntos de control. Actualmente los drones más especializados y comerciales para la obtención de productos cartográficos son los llamados “ala fija” que se asemeja a un vuelo aéreo tripulado debido a su maniobrabilidad, su eficiencia en uso de sensores y su alta autonomía.

Con relación a drones fabricados con fines cartográficos, implica considerar la dependencia de software para el tratamiento de imágenes georreferenciadas y el proceso fotogramétrico. Asimismo debe evaluarse el grado de inversión en adquirir o plantear una funcionabilidad del sistema dron en base a su costo y precisión. Es por ello cuando se desea implementar un sistema dron en alguna pequeña o mediana empresa, institución estatal o alguna organización no gubernamental, se demanda que el sistema sea económico para el fin requerido.

El mercado nacional actualmente presenta como posible solución, el uso de microdrones-multirotores creados para actividades relacionadas a la recreación o toma de fotografías panorámicas aéreas, estos equipos presentan condiciones y características básicas de empleo en fotogrametría, debido a la funcionabilidad de capturar imágenes aéreas, esta información fotográfica presenta un gran nivel de detalle, de forma rápida y su valor de adquisición es económicamente bajo, comparado con drones para fines cartográficos.

Sin embargo, antes de emplear este tipo de drones (Phantom) para estudios o dimensionamientos del territorio en áreas de poca dimensión (< 80ha), estas deben de ser analizadas en un ambiente controlado en relación a la presente propuesta metodológica considerando los parámetros básicos que puedan cumplir los requerimientos de precisión en relación a la escala y nivel de resolución de ortofotomapa.

---

<sup>1</sup> Es una subcategoría del RPA indicada en la NTC-Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

# CAPÍTULO I

## 1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Conocer el espacio geográfico siempre ha sido una necesidad del hombre, llevándolo a desarrollar tecnologías para representar la superficie terrestre a través del tiempo. Siendo estas representaciones de la tierra cada vez más fieles a la realidad utilizando desde rocas talladas hasta el uso de imágenes satelitales.

Debido al dinamismo existente en el territorio, siendo el hombre un interviniente a causas del desarrollo urbano o rural, este requiere realizar representaciones para registrar, estudiar, analizar, diagnosticar o intervenir el territorio. Este tipo de representaciones de su entorno le permitirá al hombre concretar una adecuada gestión del territorio.

Una solución factible para representar el territorio detalladamente en un formato universal, es el ortofotomapa, el cual ha sido obtenido en gran medida a partir de vuelos aéreos tripulados. En muchas ocasiones es necesario representar áreas pequeñas (<80ha) para obtener un registro detallado o una actualización del entorno geográfico. Sin embargo usar imágenes aéreas obtenidas desde aviones tripulados para obtener un ortofotomapa en áreas pequeñas muchas veces no es justificable, considerando el tiempo el costo. Emplear un dron es una opción posible y gracias a la tecnología se puede concretar. Sin embargo no se debe de caer en la dependencia ciega de los productos tecnológicos, el profesional competente debe de conocer e intervenir en el desarrollo del proceso para asegurar la calidad del ortofotomapa final, respetando las características técnicas en relación a su escala utilizando una adecuada metodología reproducible.

### 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El sistema microdron-multirotor es una alternativa para la generación de ortofotomapas que cumplan estándares técnicos establecidos por las instituciones competentes empleando la metodología propuesta?

### 1.2. JUSTIFICACIÓN

El estudio se justifica porque teniendo como base las características técnicas de los ortofotomapas establecidas por las instituciones competentes en el Perú, se identifican las condiciones mínimas en el empleo de sistemas microdrones-multirotos para la obtención de ortofotomapas de calidad.

El estudio se justifica porque busca demostrar la viabilidad de emplear un microdron-multirotor para obtener ortofotos en áreas pequeñas, esto indicaría una reducción en el costo de producción cartográfica en comparación al uso de drones cartográficos cuya inversión es mayor al microdron.

El estudio se justifica porque metodológicamente se aplica conocimientos fotogramétricos, los cuales emplea parámetros como la autonomía de la aeronave, rutas de vuelo, características de la cámara, georreferenciación de las imágenes aéreas, protocolos de seguridad y parámetros para obtener productos cartográficos a escala planificada, lo que contribuye a tener una estructura teórica sólida en la aplicación de la nueva tecnología dron.

El estudio se justifica porque permitirá a universidades o institutos utilizar esta tesis como apoyo en la capacitación técnica de personas que deseen comprender, optimizar o desarrollar proyectos que involucren como finalidad obtener ortofotos, a un costo de inversión en la adquisición de un sistema dron menor en relación a los drones cartográficos comerciales.

El estudio brinda una posibilidad de emplear esta tecnología para obtener cartografía a partir de ortofotos en áreas pequeñas (<80 ha) como en las playas, caletas, balnearios o centros poblados que presenten como característica principal su poca pendiente.

El estudio determina el grado de confiabilidad de trazo de la ortofoto producida con microdron-multirotor, permitirá acotar el uso de esta tecnología en proyectos que requieran un continuo monitoreo espacial, una caracterización base del territorio en áreas pequeñas.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la empleabilidad del sistema microdron-multirotor potenciado como alternativa para obtener ortofotomapas en áreas pequeñas, empleando la metodología propuesta.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir la propuesta metodológica para generar ortofotomapas a partir de imágenes aéreas obtenidas con microdron-multirotor.
- Identificar los componentes básicos del microdron-multirotor para su uso aplicación en el caso de estudio.
- Determinar el grado de precisión y exactitud de la plataforma dron en referencia a puntos GPS de orden mayor.
- Determinar los valores GSD teórico y su respectiva verificación mediante una actividad experimental controlada a varias alturas de vuelo.
- Desarrollar la propuesta metodológica en el estudio caso correspondiente a las playas del distrito de Barranco para una escala de 1:1000.

## **1.5. HIPÓTESIS**

El desarrollo de la presente propuesta metodológica utilizando el sistema microdron-multirotor potenciado, permite la generación de ortofotomapas en áreas pequeñas que cumplen los estándares técnicos establecido por las instituciones competentes.

## **1.6. METODOLOGÍA**

La presente tesis es un tipo de investigación cualitativa, cuantitativa, inductiva y experimental el cual se basa en el potenciamiento del microdron-multirotor que en este trabajo de investigación se empleará un Phantom 2 v2 con una cámara GoPro y un Gimbal electrónico, de igual manera un computador para la planificación de líneas de vuelo con su respectivo software de planificación (Ground Station - DJI) y la incorporación de un accesorio que permita registrar la posición del dron en todo momento.

Estas acciones posibilitan generar un sistema de trabajo cuya finalidad es obtener fotografías aéreas georreferenciadas en base a una ruta de vuelo programada, para que posteriormente mediante un post proceso se elabore la ortofotos, luego clasificadas en relación al tipo de características topográficas identificadas en la imagen.

Para cumplir el primer objetivo se realizará una propuesta metodológica sobre el empleo de microdrones-multirotores para la obtención de imágenes aéreas, apoyado en técnicas y metodologías del vuelo aéreo tripulado; se respetarán las consideraciones técnicas de fábrica de los microdrones comerciales como la autonomía de vuelo, alcance, y adaptabilidad a condiciones meteorológicas.

Para cumplir el segundo objetivo que involucra potenciar al dron, este consiste en instalará el accesorio (Flytrex) para registrará los valores obtenidos por la antena GPS localizado en la plataforma del microdron-multirotor. Para que dicha potenciación sea la apropiada se realizará un análisis de precisión de la plataforma el cual consiste en estacionar el microdron-multirotor en puntos geodésicos anteriormente posicionado geográficamente con método diferencial.

Asimismo, dentro de este objetivo esta configurar la cámara para la obtención de valores teóricos GSD en relación a las dimensiones del sensor y la cantidad de megapíxeles, posteriormente se debe contrastar los valores estimados con la obtención de GSD mediante vuelos controlados a distintas alturas de vuelo 50 m, 75m ,125m y 150m para brindar una estimación apropiada del GSD requerido a determinada escala.

Para cumplir el tercer objetivo, aplicación de la metodología en el ámbito de estudio se realizará en la playas Sombrillas, Yuyos, Barranco, Los Pavos, Barranquito y Las Cascadas ubicadas en el distrito de Barranco, Región Lima. Donde se deberá de realizar las fases de campo como la inspección, el prevuelo, el vuelo y posicionamiento de los puntos de control empleando el método RTK.

Para cumplir el cuarto objetivo en el cual se indica validar y clasificar el tipo de ortofotomapa el cual será dado en base al error medio cuadrático obtenido por los puntos de control y el contraste con cartografía empleando el método RTK.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ESTUDIOS PRELIMINARES

Destacan los siguientes investigadores que han desarrollado estudios caso sobre la generación de productos derivados del uso de plataformas aéreas, apoyándose en métodos fotogramétricos:

- En la tesis Adquisición Modelo de Superficie Digital DSM de alta resolución de bajo costo: Caso de estudio geología Estructural Cien Pesos Marmato (Ortiz, 2012). Concluye lo siguiente:

El estudio demuestra que mediante una plataforma de globos de Helio, una cámara digital, un levantamiento de puntos de control PCT y un software especializado (libre o licenciado) es viable la obtención de modelos de superficie DSM de alta precisión (pixel=0.19 m) de precisión para el Ráster a muy bajo costo. Muy práctico para el estudio de pequeñas áreas <2ha.

- Un campo como la arquitectura encuentra utilidad en el uso de una plataforma dron ya constituida para la generación de información tridimensional de infraestructura con un buen nivel de detalle. “Combinación de fotogrametría terrestre y aérea de bajo coste: el levantamiento tridimensional de la iglesia de San Miguel de Ágreda (Soria)”. En sus conclusiones indica que la combinación de métodos de levantamiento de fotogrametría terrestre y aérea es necesario para recopilar información arquitectónica, en donde se requiere un buen nivel de detalle y precisión. (Peinado Checa, Fernández Morales, & Agustín Hernández, 2014).
- El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana a través del Programa de Investigación en Información de la Biodiversidad Amazónica – BIOINFO en el proyecto desarrollo de tecnologías en sistemas de información sobre Biodiversidad, Sociobiodiversidad y Economía Amazónica (SITEC), en base a un estudio detallado indica que los servicios del UAV<sup>2</sup> es una alternativa y un complemento a los sistemas tradicionales para la captación de información del territorio, en zonas concretas, con alto nivel de detalle y de bajo costo. En las conclusiones de dicho estudio indica que : “de todas las empresas ofertantes se considera que la empresa IDETEC reúne las características técnicas y económicas más ventajosa para el cumplimiento de los objetivos planteados, ya que nos presenta una oferta integral más ventajosa desde la versión básica sin carga útil (cámaras), hasta la versión integrada con carga útil (cámaras RGB e infrarrojo - NIR), ver tabla 5, laptop especial, resistente a golpe y con software instalado, autonomía de vuelo de 80 minutos, soporte técnico de un año vía email, etc. “ (Acosta León Arturo Bendayan, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP, 2011).

---

<sup>2</sup> Vehículo Aéreo Autónomo

- Actualmente el Ministerio de Cultura en el Perú utiliza drones para obtener registro cartográfico con detalles estructurales de los sitios arqueológicos con rapidez, precisión incluso en ámbitos de difícil acceso. Este trabajo viene realizándose desde noviembre del 2013 año en el que adquirió equipos y software de procesamiento para dicho fin. (Ministerio de Cultura, PE, 2014).

A la fecha A través de su Área de Nuevas Tecnologías, el Ministerio de Cultura completó el registro de 375 sitios arqueológicos, de los cuales, 235 se encuentran en Lima Metropolitana, en tanto la diferencia, están en los Departamentos de Ayacucho, Puno, Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Ica y Junín. (Ministerio de Cultura, 2016).

- (García, 2015) en la publicación “Los drones, herramienta de apoyo en los levantamientos topográficos en obras de ingeniería” evidencia mediante una experimentación con un dron Phantom 2 Visión y mediante el apoyo de 12 puntos de control en un área de 3 Ha, obtuvo una resolución espacial de 7.5 cm /pixel apropiado para una escala de 1:1000.
- En la presente propuesta metodológica se utiliza el posicionamiento de los puntos de control usando la técnica RTK, este aporte está basado en una tesis desarrollado (Ferrecio, 2006) .Análisis de la Técnica RTK el cual indica que la comparación de puntos de control por método diferencial y método RTK varían en valores de centímetros, lo cual es aceptable en este tipo de propuesta y permite emplear este método para los puntos de fotocontrol. En donde dicha experimentación dio como errores máximos absolutos de 5cm en horizontal y 10cm en vertical.

## 2.2. DEFINICIONES DRON

### DRON

**La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC)** es la entidad en el Perú que ejerce autoridad y como tal regula, supervisa, controla, fiscaliza y sanciona todas las actividades aeronáuticas civiles, es decir actividades vinculadas al empleo de las aeronaves civiles. La DGAC en noviembre del 2015 publicó una norma técnica complementaria “Requisitos para las operaciones de sistemas de aeronaves pilotadas a distancia de la Dirección General de Aeronáutica Civil”, (Dirección General de Aeronautica Civil.PE, 2015), el cual se hace referencia a continuación:

**AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (Remotely Piloted Aircraft - RPA).** Una RPA es una aeronave pilotada por un “piloto remoto”, emplazado en una “estación de piloto remoto” ubicada fuera de la aeronave (es decir en tierra, en barco, en otra aeronave, en el espacio) quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo. Una RPA puede poseer varios tipos de tecnología de piloto automático pero, en todo momento, el piloto remoto puede intervenir en la gestión del vuelo. Esta es una subcategoría de las aeronaves no tripuladas. Existen diversas denominaciones de estos vehículos según el origen y etimología y uso entre ellas las más conocidas son:

**DRONE:** *denominación del ámbito militar.* La etimología de ‘drone’ viene de dron o draen, abeja macho o zángano, el cual hace referencia al zumbido producido por sus motores, similares al de los zánganos volando. Para efectos de esta NTC se prescinde de esta denominación que en adelante deberá entenderse como RPA.

**UAV:** Unmanned Aerial Vehicle (vehículo aéreo no tripulado) Término obsoleto.”

**SISTEMA DE AERONAVE NO TRIPULADA (Unmanned Aerial System - UAS)** Aeronave y sus elementos conexos que operan sin piloto a bordo. **SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (RPAS).** Conjunto de elementos configurables integrado por una aeronave pilotada a distancia, sus estaciones de piloto remoto conexas, los necesarios enlaces de mando y control y cualquier otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo.

**SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA (RPAS).** Conjunto de elementos configurables integrado por una aeronave pilotada a distancia, sus estaciones de piloto remoto conexas, los necesarios enlaces de mando y control y cualquier otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo.

Un dron es una aeronave pilotada por control remoto. Así se llamaba tradicionalmente a algunas de estas aeronaves de uso militar y en la actualidad se ha extendido este nombre a todas las aeronaves pilotadas por control remoto, tanto militares como civiles. Sin embargo, una aeronave pilotada por control remoto técnicamente se considera dron cuando tienen un uso comercial o profesional. Cuando el uso de estas aeronaves tiene exclusivamente un fin deportivo o de recreo, son consideradas Aeromodelos, y se rigen bajo la normativa de éstos. Hay que subrayar pues que los drones son aeronaves. Como tales, están sujetas a la legislación aeronáutica general vigente en España, así como al resto de la normativa aeronáutica. (Agencia Estatal de Seguridad Aerea.España, 2014).



## 2.3. ESTRUCTURA DEL DRON

### COMPONENTES DE MICRODRON – MULTIROTOR

Se debe entender y tratar a dichos componentes como subsistemas vinculados que posibilitan el vuelo de la plataforma dron.

#### Marco (Frame)

Es la estructura o esqueleto del multirotor que asegura y cubre a los demás componentes del dron. Estos pueden ser de diversos diseños como se aprecia en la Figura N° 1. Adaptado de (DRONING, 2014).



Figura N° 1. Ejemplos de Frame.

Fuente: Elaboración propia.

#### Motores, Hélices y ESCs

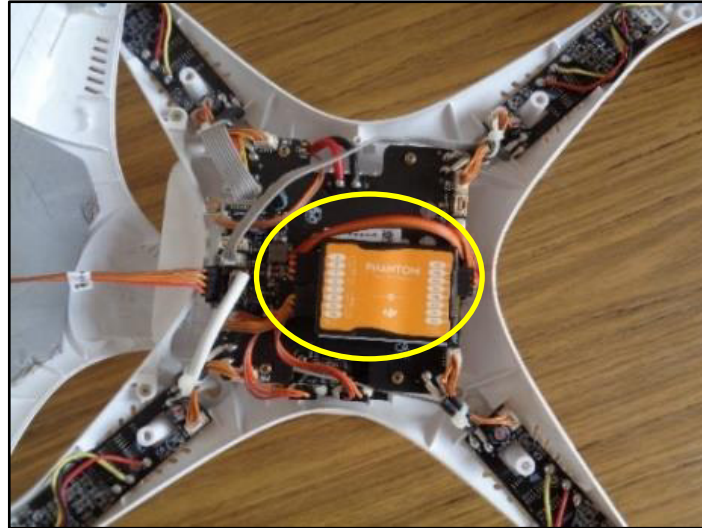
Son los componentes fundamentales para mantener al multirotor en el aire. Los ESC (Electronic Speed Control) o Controladores de Velocidad Electrónicos (Figura N° 2) como se visualiza en regulan la potencia eléctrica para lograr controlar el giro de los motores (Figura N° 3) con agilidad y eficiencia. Este giro está conectado a las hélices (Figura N° 4) cuya rotación a alta velocidad genera la sustentación del multirotor. Adaptado de (DRONING, 2014).



Fuente: Droning, 2014.

#### Controlador de Vuelo

Es el componente que gestiona el control del dron en para la realización de movimientos programados o dirigidos, es por ello que todos los componentes que intervienen están conectados a este controlador como se visualiza en la Figura N° 5. Adaptado de (DRONING, 2014).



**Figura N° 5. Controlador de vuelo del Phantom 2 v2.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

### **Radio Receptor-Control Remoto**

Es el responsable de recibir la señal de radio enviada desde el Control Remoto (Figura N° 6), el cual ha interpretado el movimiento realizado por el usuario y lo ha transformado en onda radial. La señal de radio es recibida por el Radio Receptor (Figura N° 7 y Figura N° 8) del multirotor y transformada en datos que se envían al Controlador de Vuelo para que ejecute la instrucción, normalmente con cambios coordinados en la velocidad de los motores, cuando se trate de una instrucción de movimiento. Adaptado de (DRONING, 2014).



**Figura N° 6.**  
**Ejemplo Receptor de señal de radio.**



**Figura N° 7. Control a distancia.**



**Figura N° 8. Radio control Phantom 2 v2.**

**Fuente: Droning, 2014.**

## Baterías

Proporcionan la energía necesaria para hacer funcionar el equipo. Son componentes que presentan un peso significativo, por lo que es esencial que sean capaces de tener una buena relación peso/capacidad para maximizar la autonomía de vuelo del multirotor. Las más utilizadas son las baterías Li-Po (polímero de litio) debido a su densidad de energía, su bajo peso y su alta tasa de descarga que es ideal para maniobras ágiles como las de un multirotor, se aprecia ejemplos de baterías en la Figura N° 9, Figura N° 10 y Figura N° 11. Adaptado de (DRONING, 2014).



Fuente: Droning, 2014.

## COMPONENTES ADICIONALES APROPIADOS PARA LA FOTOGRAMETRÍA

Existen componentes adicionales que brindan mayor estabilidad, seguridad y utilidad al equipo. A continuación algunos ejemplos:

### Cámara y Estabilizador

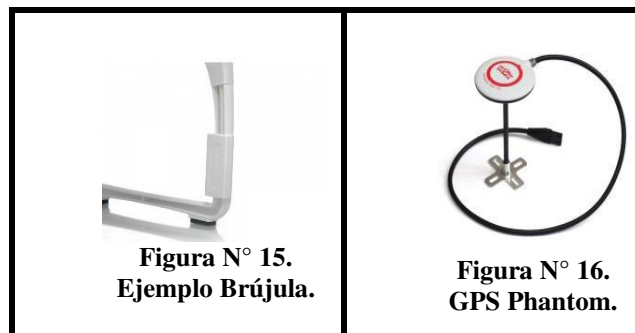
En la estructura del multirotor se puede acoplar una cámara para aprovechar el vuelo y capturar fotos o videos desde el aire (Figura N° 12). Dependiendo del tamaño del multirotor la cámara podrá ser desde una pesada profesional hasta una liviana cámara de acción, como una GoPro (Figura N° 13). Normalmente se utiliza un estabilizador o Gimbal (Figura N° 14) para evitar que los movimientos propios del vuelo del multirotor afecten las tomas. La finalidad del Gimbal es absorber la vibración producida por los motores y el viento de igual manera conservar la inclinación de la cámara para que siempre esté en el mismo ángulo respecto al suelo. Algunos Gimbal también pueden ser conectados al Controlador de Vuelo y a través del control remoto el usuario puede cambiar el ángulo de inclinación de la cámara mientras el multirotor está en el aire. Adaptado de (DRONING, 2014).



Fuente: Droning, 2014.

## GPS Y Brújula

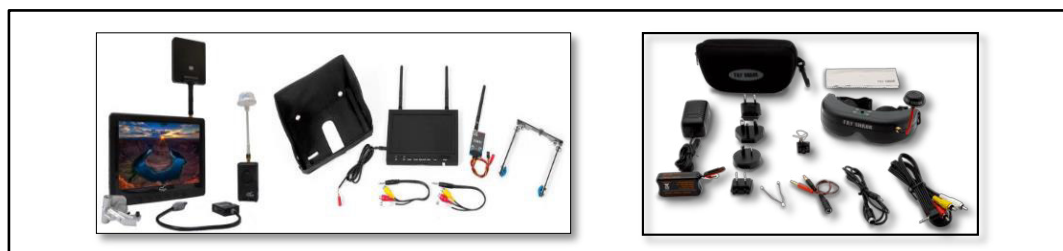
Componentes como la brújula (Figura N° 15) y GPS (Figura N° 16) conectados al controlador de vuelo permiten a éste conocer la ubicación geográfica, altitud y velocidad del multirotor. A partir de esto, y dependiendo del programa que tenga el controlador, se podría automatizar el comportamiento del multirotor para mantenerse estático en un mismo punto, volar en cierta dirección o velocidad relativa o volar hacia puntos geográfico predefinidos. Adaptado de (DRONING, 2014).



Fuente: Droning, 2014.

## FPV (First Person View)

Consiste en un sistema de transmisión y recepción del video capturado por la cámara, en tiempo real. De esta manera el usuario u otro interesado pueden ver lo que el multirotor está “viendo”. Comúnmente consiste en conectar la cámara a un transmisor de video pequeño montado en el dron y un receptor con una pequeña pantalla (Figura N° 17) para que el usuario la pueda cargar y ver mientras acciona el control remoto. Es de muchísima utilidad para lograr vuelos de gran altura o distancia. Adaptado de (DRONING, 2014) .



**FIGURA N° 17. DISPOSITIVOS QUE PERMITEN VISUALIZAR LO QUE REGISTRA LA CÁMARA DIGITAL INSTALADA EN EL DRON. Fuente: Droning, 2014.**

## 2.4. CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE DRON

### PLATAFORMA DE VUELO - PILOTO

Según lo indica (Acosta León Arturo Bendayán, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP, 2011) Se compone del dron y la carga útil a bordo de éste (cámaras de alta resolución y otros sensores). Se caracteriza por ser la encargada de sobrevolar la zona de interés y adquirir la información. Según el tipo de control del piloto se clasifica en Autónomo, Semiautónomo o Remoto.

**Autónomo:** Modo de control de un dron donde se espera que el vehículo realice su misión dentro del ámbito programado, con sólo un monitoreo desde tierra. El modo de control incluye la operación automática completa, funciones autónomas (despegue, aterrizaje, evitación de colisiones, etc.) y operación inteligente.

**Semi-autónomo:** Modo de control de un dron donde el piloto realiza cambios y conduce la misión a través de una interfaz de administración del vuelo. Sin esta información el UAV realizará operaciones automáticas pre-programadas. Puede o no incluir algunas funciones completamente autónomas (despegue, aterrizaje, evitación de colisiones, etc.).

**Remoto:** La totalidad del control del vehículo se realiza remotamente.

### TIPOLOGÍA DE LOS DRONES

Clasificación de drones en relación a sus características de operatividad.

Tabla N° 1. Tipología de dron.

TIPO	MAX. ALTURA VUELO	MAX. DISTANCIA OPERACIÓN	CAPACIDAD DE CARGA	TIPO DE SENSORES TÍPICOS	EJEMPLOS	
MICRO	600m	2KM	<1kg	Video, cámara pequeña y/o IR	Aladin (Alemania) Stardust (Chile)	Phantom
MINI	2km	10KM	<10kg	Video, cámara pequeña y/o IR	Bird Eye (Israel)	Mavinci eBee UX5
CORTA DISTANCIA	4.5km	50-150KM	<100Kg	Video, cámara IR, Radar, ELINT	Sperwer (Francia)	
MEDIA DISTANCIA	6km	200KM	<150Kg	Video, cámara, ELINT	Hermes 450 (Israel)	
MALE	10km	200KM	<300Kg	Video, cámara, IR, Radar, ELINT	Predator (USA)	
HALE	>10km	>200KM	>300kg	Video, cámara, IR, Radar, ELINT	Global Hawk (USA)	

Fuente: Cuadro Adaptado de (ACOSTA LEÓN ARTURO BENDAYÁN, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA, IIAP, 2011).

## 2.5. MARCO CONCEPTUAL

### FOTOGRAMETRÍA

Etimológicamente la palabra fotogrametría procede de tres palabras griegas (Photón = Imagen, luz o color, Grammar = Dibujar, plasmar gráficamente y Metrón = Medir) cuya traducción literal viene a significar “la medida de lo escrito con luz”. Se trata, por tanto, de una técnica más de medida, que tiene la particularidad de utilizar la fotografía como fuente de información. (Vozmendiano, 2006).

El IGN-Perú indica a la fotogrametría como “la disciplina que utiliza las fotografías aéreas para la obtención de mapas topográficos. Los levantamientos fotogramétricos comprenden la obtención de datos y mediciones precisas a partir de fotografías aéreas de la superficie terrestre tomadas con cámaras aéreas métricas”<sup>3</sup>.

SUNARP considera a la fotogrametría como “La disciplina que utiliza las fotografías aéreas para la obtención de mapas topográficos. Los levantamientos fotogramétricos comprenden obtención de datos y mediciones precisas a partir de fotografías aéreas de la superficie terrestre tomadas con cámaras aéreas métricas”<sup>4</sup>.

### CLASIFICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA

La fotogrametría puede ser presentada y clasificada de la siguiente manera.  
Ver Tabla N° 2.

**Tabla N° 2. Clasificación de la fotogrametría.**

<b>CLASIFICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA</b>	<b>Según la posición de la cámara</b>	<b>Fotogrametría espacial</b>	Obtención de imágenes de satélite
		<b>Fotogrametría aérea</b>	Obtenidas de vehículos aéreos
	<b>Desde la superficie terrestre</b>	<b>Fotogrametría terrestre</b>	Empleada en levantamiento topográficos
		<b>Fotogrametría de objeto cercano</b>	Utilizado en levantamientos no topográficos
	<b>Según la estación fotogramétrica</b>	<b>Fotogrametría analógica</b>	Métodos mecánicos y ópticos
		<b>Fotogrametría analítica</b>	Obtención de mediciones en tiempo real mediante procesos mecánicos empleando cálculos matemáticos
		<b>Fotogrametría digital</b>	Fotogramas manipulados digitalmente

**Fuente: Elaboración propia.**

<sup>3</sup> Extraído del manual del Instituto Geográfico Nacional. Especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica 1:1000

<sup>4</sup> Extraído del glosario de términos de los “Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro” SUNARP-SNCP

## **IMAGEN DIGITAL**

La imagen digital posee una estructura ráster 2D establecida por una malla rectangular de celdas cuadradas. Estas celdas, denominadas píxeles, constituyen la unidad básica de información de la imagen, y su posición queda definida según la fila y la columna en la que se encuentren. Además, cada celda estará caracterizada por la intensidad de tono de gris que posea, según un valor cuantificable entre 0 y 255 (negro y blanco). Si la imagen es en color natural, vendrá definida por la combinación de las tres bandas del espectro visible (RGB), rojo, verde y azul, con una intensidad para cada una valorada igualmente entre 0 y 255. (Vozmendiano, 2006).

## **PUNTOS DE APOYO**

En el caso de la fotografía y la demanda aérea para cumplir con la tarea de georreferenciación, reparto equilibrado de los puntos de control en tierra (mínimo 10 puntos referenciados correctamente identificables) se requiere para lograr resultados de alta calidad, tanto en términos de la precisión geométrica y exactitud. Sin embargo, Agisoft PhotoScan es capaz de completar las tareas de reconstrucción y georreferenciación sin coordenadas de las fotografías.

Los puntos de apoyo constituye de importancia en la georeferenciación y en el modelado del a superficie para la composición de la ortofoto. (Photoscan Help).

## **MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN**

En referencia al (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, MX, 2015). Se indica que un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo ráster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, las cuales varían dependiendo del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos).

Es el arreglo de valores numéricos que corresponden con los valores estimados de elevación de puntos en el terreno. Estos puntos están espaciados y distribuidos de forma regular, de acuerdo con un patrón que corresponde de una retícula cuadriculada en la que sus lados son equidistantes. La representación geométrica a partir del arreglo de valores numéricos, es un modelo simplificado de la forma de terreno.

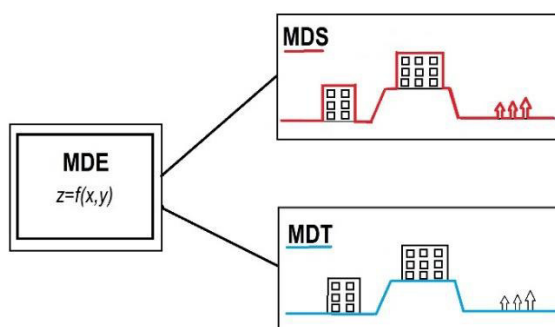
Modelo digital de cobertura.-En el que los datos de elevación corresponden a la superficie topográfica y en los casos donde existe vegetación densa, edificación o construcción a la superficie que conforman las partes elevadas de estos.



Los modelos digitales de elevación pueden subdividirse en dos clases de forma general. Ver Figura N° 18.

**MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE.-** EL Modelo digital de superficie (MDS) representa todos los elementos existentes o presentes en la superficie de la tierra (vegetación, edificaciones, infraestructura y el terreno propiamente).

**MODELO DIGITAL DEL TERRENO.-** El modelo digital del terreno (MDT) recrea la forma del terreno una vez que fueron removidos todos los elementos ajenos al mismo como son la vegetación, edificaciones y demás elementos que no forman parte del terreno.



**Figura N° 18. Representación Gráfica de los MDE, MDS y MDT.**

**Fuente: Elaboración propia.**

## ORTOFOTOS

Son representaciones en proyección ortogonal del terreno en forma de fotos. Se obtiene a partir de las fotos aéreas en un proceso llamado rectificación diferencial, que elimina las variaciones de escala y los desplazamientos de imagen debidos al relieve y a la inclinación. Por consiguiente, los detalles representados se muestran en su posición planimetría verdadera. (Wolf & Ghilani, 2008).

La imagen de una fotografía aérea, en la cual han sido removidos los desplazamientos causados por la inclinación de la cámara o sensor y el relieve del terreno. Esta referida a una proyección cartográfica, por lo que posee las características geométricas de un mapa y además de la calidad pictórica de la fotografía. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, MX, 2010).

**ORTORECTIFICACIÓN.-** El proceso fotogramétrico que asegura que cada elemento de la imagen o pixel, este en su posición geográfica correcta. Corresponde en esencia a transformar el sistema de proyección central de la fotografía a una proyección ortogonal. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, MX, 2010).

## POSICIONAMIENTO CINEMÁTICO EN TIEMPO REAL (RTK)

### Geodesia Satelital

A partir de las observaciones satelitales es posible determinar la posición espacial de puntos terrestres a través de tres coordenadas que estarán referidas a un sistema de referencia global. (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005).



**GPS (Global Positioning System)** es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. . (Huerta, Mangiaterra, & Noguera, 2005).

### Técnica RTK

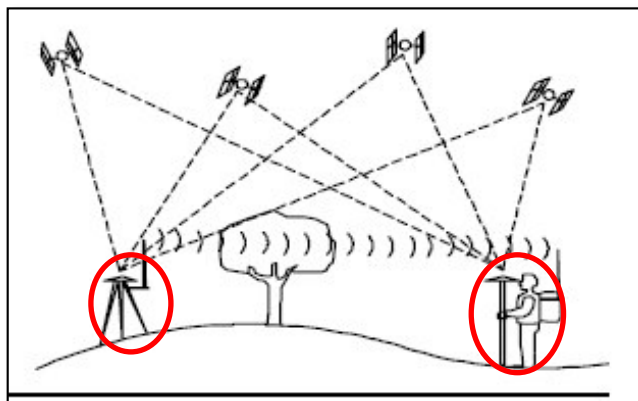
La tecnología Real Time Kinematic o Cinemático en Tiempo Real es el resultado de la evolución que han tenido los equipos GPS desde la aparición de este sistema de posicionamiento.

Esta tecnología ofrece algo por demás interesante: posicionamiento preciso en tiempo real, es decir, obtención de coordenadas en el momento de la medición; la posibilidad reside en la introducción de un enlace de comunicaciones entre los receptores GPS y a la incorporación de software de procesamiento en los mismos equipos. La característica que diferencia a un equipo GPS convencional de uno RTK radica en que, básicamente, este último tiene capacidad de replanteo, permite obtener una distribución homogénea de datos en el relevamiento, controlar maniobras con exactitud, etc. (Ferrecio, Nicolás, 2006) .

### Descripción del sistema RTK

Un levantamiento GPS cinemático en tiempo real es aquel que determina, en el mismo instante de la observación, las situación de uno o varios receptores móviles respecto a otro fijo, de coordenadas conocidas, mediante resolución de ambigüedades de ciclo de la onda portadora. Ver Figura N° 19.

- Un receptor de GPS estacionado en un punto de coordenadas WGS-84 conocidas.
- Un receptor de GPS móvil, cuyas coordenadas han de ser determinadas respecto al fijo.
- Un sistema para transmisión de datos entre el receptor fijo y el móvil.
- Un procesador capaz de realizar todos los cálculos necesarios en un intervalo de tiempo suficientemente pequeño.



**Figura N° 19. Representación de funcionalidad RTK**  
A la izquierda un receptor de señal satelital GPS y un ROVER a la derecha.

El método operativo, al igual que los levantamientos cinemáticos con post proceso, se efectúa en dos fases claramente diferenciadas. En primer lugar se determinan las ambigüedades en un proceso denominado inicialización. A continuación, se procede al levantamiento de los puntos. Para ello, el receptor móvil se va desplazando a cada uno de los puntos a levantar.

## **CARTOGRAFÍA**

La Cartografía Básica escala 1:1000 es la Cartografía Topográfica de una determinada área, que precisa básicamente la siguiente información: datos altimétricos, límite de manzanas, de predios; vías de comunicación, nomenclatura, rasgos físicos y culturales, toponimia y sistema de coordenadas. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

## **EXACTITUD**

Es el grado de aproximación absoluta de una magnitud a su valor verdadero, siendo el valor una magnitud no determinable. Se acepta, sin embargo, en algunos casos, la adopción de un valor verdadero cuando el método de medición posterior posee una precisión reconocidamente inferior al método precedente, considerado exento de errores groseros y sistemáticos. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

## **PRECISIÓN**

Grado de consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observado. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

## **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES PARA EL EMPLEO DEL DRON**

Según el manual de uso de DJI para el Phantom 2 v2, los vuelos deben realizarse en ambiente que presenten característica de temperaturas establecidas entre 0°C a 40°C, considerando una distancia de comunicación abierta horizontal con la plataforma de 1000m, considerar la velocidad máxima de vuelo horizontal con 15m/s y velocidad máxima de ascenso o descenso de 6m/s. El vuelo debe realizarse sin obstrucción visual entre el piloto y el dron considerando una altura de referencia máxima de 150 metros respecto al punto de despegue, velocidad del viento menores a 30km/h<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Características técnicas generales indicadas en manuales de DJI.

## **2.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ORTOFOTOS**

El instituto Geográfico Nacional, Perú indica las siguientes consideraciones para la generación de cartografía base 1:1000, Mayo 2011, dentro de sus especificaciones técnicas empleando imágenes aéreas indica las siguientes características desde la fase de requerimiento de ortofotos hasta la comprobación de la ortofoto descrita a continuación:

### **2.6.1. REQUERIMIENTO DE ORTOFOTO**

#### **GSD**

Se indica que para la obtención de cartografía de 1:1000 debe de presentar un promedio de tamaño de pixel de  $0.10 \pm 10\%$ . (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

#### **CARTOGRAFÍA**

Se debe de realizar consideraciones para determinar la escala de la fotografía aérea, en tal sentido la exactitud posicional debe de ser aceptable en su componente horizontal es por ello que la cartografía digital obtenido 1:1000 debe posibilitar realizar una ampliación de 6 veces. Esto significa que se debe apreciar objetos en una plataforma virtual aproximadamente a escala 1: 166.67. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

#### **RECUBRIMIENTO**

El recubrimiento longitudinal debe presentar como mínimo un valor de 60% y el recubrimiento transversal de 30%, en condiciones estándar sin variación geomorfológica abrupta. El área de traslape aumentará si la variación de las condiciones orográficas son cada vez más adversas. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

### **2.6.2. GEOREFERENCIACIÓN DE LA ORTOFOTO**

La zona elegida debe de disponer de condiciones apropiadas para la empleabilidad del sistema GNSS. En donde los puntos deben de ser identificados y de forma rápida y discriminada respecto a su entorno. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

#### **CONTROL HORIZONTAL**

Planimetría y la precisión de los puntos de apoyo estos deben presentar un error medio cuadrático RMS (Root Mean Square) menor o igual a 0.05 metros en X e Y independientemente. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

#### **CONTROL VERTICAL**

En altimetría el error de cierre no será mayor a  $\pm 12 \text{ mm } \sqrt{K}$ , siendo K la longitud en kilómetros. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

### **2.6.3. POST PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ORTOFOTO**

#### **ORIENTACIÓN INTERIOR**

La precisión en la orientación interna tendrá un valor del error cuadrático medio, RMS (Root mean square) inferior a 0.5 del tamaño del píxel del sensor. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

#### **CÁLCULO Y AJUSTE DE BLOQUE**

(Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011). Para la orientación simultánea del bloque se emplearán en el cálculo de la aerotriangulación, los puntos de control establecidos en el apoyo fotogramétrico, los puntos de enlace obtenidos en la formación del bloque y las posiciones de los fotocentros proporcionadas por el receptor GNSS.

Los resultados del ajuste del bloque deben conducir a un error cuadrático medio, RMS, tanto en planimetría como en altimetría.

Precisión planimetría final RMSE inferior a GSD (metros). GSD: Ground Sample Distance (tamaño del píxel en el terreno-metros). Calculada independientemente en cada coordenada para un número representativo de puntos.

Precisión altimétrica final RMSE inferior a GSD (metros). Calculada por el mismo método que en el caso anterior.

En el interior del bloque, para garantizar la precisión final del producto, se realizará una medición con los puntos de chequeo, los cuales no habrán intervenido en el ajuste del bloque.

### **2.6.4. CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA DE LA ORTOFOTO PROCESADA**

Las tolerancias para los errores residuales serán los siguientes:

Para Planimetría  $0,2 \text{ M}/1000 \text{ m}$ .

Para Altimetría  $0,3 \text{ H}/1000 \text{ m}$ .

Siendo M el denominador de la escala del plano y H la altura del vuelo en metros. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

### **2.6.5. COMPROBACIÓN DE POSICIONAMIENTO DE LA ORTOFOTO**

Para la restitución digital, el error para el trazo de detalles planimétricos, (el error estándar de trazo de dibujo de restitución) será máximo 0,5 de píxel respecto al modelo ajustado. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

### Planimetría

En la planimetría, la posición del 90 % de los puntos bien definidos no diferirá de la verdadera en más de 0,20 mm y el 10 % restante no diferirá en más de 0,25 mm a la escala del plano impreso. Para escala 1:1000 corresponde la posición planimétrica del 90% de puntos bien definidos no diferirá los 0.20m y el 10% restante no excederá los 0.25m. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

### Altimetría

Las elevaciones del 95% de los puntos acotados en el mapa digital, no diferirá de la verdadera en más de  $\frac{1}{4}$  del valor del intervalo de curva de nivel, el 5% restante nunca excederá del valor del  $\frac{1}{2}$  del intervalo de curva de nivel. Para escala 1:1000 corresponde el 95% de puntos acotados no diferirá los 0.25m y el 5% restante no excederá los 0.50m.

El control de dichas precisiones se realizará mediante el levantamiento de una serie de puntos en diferentes zonas del trabajo elegidas al azar.

En el caso de existir varios bloques fotogramétricos, se controlarán todos ellos. Si se detectan errores superiores a los indicados en más del 10% de los puntos tomados se rechazará el bloque o zona del trabajo en cuestión. (Instituto Geográfico Nacional, Perú, 2011).

## 2.7. REFERENCIAS INTERNACIONALES

Se considera como una institución competente el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México el cual publica través de la dirección general de Geografía y Medio Ambiente estándares para la generación e ortofotos considerando la escala y el GSD. Ver Tabla N° 3.

### GSD

En el cuadro adjunto indica la relación existente entre el GSD y la escala cartográfica estimada.

**Tabla N° 3. Relación entre escala cartográfica y GSD.**

ESCALA CARTOGRÁFICA	GSD ORTOFOTO
1:1000	0.10 m
1:2500	0.16 m
1:5000	0.25 m
1:10000	0.50 m

**Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.**

## EXACTITUD

En el cuadro adjunto indica la relación existente entre la precisión y la escala cartográfica estimada.

**Tabla N° 4.Relación entre escala y exactitud.**

<b>ESCALA DE REPRESENTACIÓN DE LA ORTOFOTO DIGITAL</b>	<b>EXACTITUD HORIZONTAL</b>
1:20 000	12.20 m
1:10 000	6.10 m
1:5 000	3.00 m
1:2 000	1.20 m
1:1000	0.60 m

**Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.**

CONSIDERACIONES PROPUESTA POR LA EMPRESA LEYCA EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ORTOFOTOS .Visualizar en Figura N° 20 .

Average GSD with ADS40	Map Scale	Map standard		Comparable film photographs	
		x-y accuracy RMSE	contour interval	photo scale	pixel size on ground of scanned film
5 - 10 cm	1 : 500	0.125 m	0.25 m	1 : 3,000 to 1 : 5,500	2.5 - 5 cm
10 - 15 cm	1 : 1000	0.25 m	0.5 m	1 : 5,000 to 1 : 8,000	5 - 7.5 cm
15 - 20 cm	1 : 1,500	0.4 m	0.75 m	1 : 6,500 to 1 : 10,000	7.5 - 10 cm
20 - 30 cm	1 : 2,000	0.5 m	1 m	1 : 8,000 to 1 : 11,000	10 - 15 cm
25 - 35 cm	1 : 2,500	0.60 m	1.25 m	1 : 8,500 to 1 : 13,000	12.5 - 17.5 cm
30 - 50 cm	1 : 5,000	1.25 m	2.5 m	1 : 12,000 to 1 : 18,000	15 - 25 cm
40 - 60 cm	1 : 10,000	2.50 m	5 m	1 : 17,000 to 1 : 27,000	20 - 30 cm
50 - 70 cm	1 : 20,000	5 m	10 m	1 : 25,000 to 1 : 35,000	25 - 35 cm
50 - 80 cm	1 : 25,000	6.25 m	12.5 m	1 : 28,000 to 1 : 42,000	25 - 40 cm
50 - 100 cm	1 : 50,000	12.5 m	20 m	1 : 40,000 to 1 : 60,000	25 - 50 cm
50 - 100 cm	1 : 100,000	25 m	50 m	1 : 60,000 to 1 : 90,000	25 - 50 cm

**Figura N° 20.Parámetros para el planeamiento de vuelo.**

**Fuente:Leyca.**

## 2.8. CLASIFICACIÓN DE ORTOFOTO

En relación a la publicación **Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro** realizado por la SUNARP (Superintendencia Nacional de los Registros Públicos) y el SNCP (Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial), indica la gran utilidad que presentan las ortofotos en las fases de implementación catastral y la actualización de datos cartográficos en una segunda fase. Sin embargo el empleo de ortofotos para la obtención de cartografía estará en base a las siguientes características.

Ver Cuadro N° 1 y Cuadro N° 2.

**Cuadro N° 1. Clasificación de ortofotos en base a su precisión, tipo de elaboración y características.**

PRECISIÓN	OBTENCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Primer orden: Ortofoto Verdadera (OV)	Se obtiene con base en un modelo digital de la superficie verdadera del terreno (MDT) más el modelo digital de edificios (MDEd).	Las ortoimágenes convencionales presentan deformaciones en dirección radial desde el centro, mientras que en las OV se corrigen adicionalmente la situación de los objetos que sobresalen de la superficie del terreno como edificios, puentes, viaductos, vegetación, etc. DE otra parte la información que suministra una ortofoto verdadera es más completa, (desde el punto de vista del paisaje, que la obtenida con cartografía convencional, No hay zonas oculta y los edificios conservan una proyección perfectamente ortogonal.
Según Orden	Ortofoto elaborada con base en un modelo digital de Terreno (MDT).	La precisión que se obtiene en una ortofoto es similar a la de la cartografía digital ,siempre y cuando se realicen las mediciones a nivel del suelo ,es decir cuando se miden magnitudes y dirección sobre el terreno desnudo .en razón de que las ortorectificación con base a un modelos digital de terreno ,la proyección de los elementos sobresalientes del suelo no se logra corregir completamente .Debido a ello los edificios presentan distorsiones y se mueven de su localización verdadera .Adicionalmente se presentan ocultamientos de zonas que dificultan la superposición de información vectorial con propósitos de actualización cartográfica y / o aplicaciones catastrales.
Tercer Orden : Ortofotos preliminar	Ortofoto generada a partir de un Modelo Digital de Superficie (MDS) obtenido por procesos de correlación automática, al cual se le realiza una edición general.	Aunque no presentan grandes deformaciones esta ortofotos no es adecuada para realizar mediciones confiables de las dimensiones y orientación de los objetos. Sin embargo se puede utilizar para medir elementos o detalles que no requieran precisiones o estimar áreas de estudios globales.
Cuarto Orden: Ortofoto Express	Ortofoto generada utilizando un MDS obtenido por procesos de correlación automática.	En zonas de relieve montañoso o quebrado, se presentan grandes deformaciones. Esta ortofoto permite realizar análisis visuales generales, no se recomienda realizar mediciones de dimensiones de objetos, ni áreas.

**Fuente: Estándares Cartográficos Aplicados al Catastro, SUNARP – SNCP.**

**USO RECOMENDADOS DE LAS ORTOFOTOS:****Cuadro N° 2. Uso recomendado de la ortofoto en relación a su clasificación.**

N°	USOS RECOMENDADOS PARA OBTENER LOS MEJORES RESULTADOS CON EL USO DE LAS ORTOFOTOS BÁSICAS Y LAS ORTOFOTOS VERDADERAS.	1ER ORDEN (ORTOFOTO VERDADERA)	2DO ORDEN	3er ORDEN ORTOFOTO PRELIMINAR	4 TO ORDEN ORTOFOTO EXPRESS
1	Catastro Urbano (precisiones planimétricas superiores a 3mm X Escala mapa	X	-	-	-
2	Estudios de distribución espacial detallados en zonas urbanas	X	-	-	-
3	Análisis de redes urbanas	X	X	-	-
4	Catastro rural	X	X	-	-
5	Catastro urbano (precisiones planimétricas superiores a 5 mm x escala mapa)	X	X	-	-
6	Control de calidad de la cartografía vectorial (Grado de totalidad y consistencia temática)	X	X	-	-
7	Obras civiles	X	X	-	-
8	Servicios públicos	X	X	-	-
9	Sistemas de información geográfica	X	X	-	-
10	Vías	X	X	-	-
11	Actualización de cartografía temática	X	X	X	-
12	Agrología	X	X	X	-
13	Cuencas hidrográficas	X	X	X	-
14	Distritos de riego	X	X	X	-
15	Estudios geográficos	X	X	X	-
16	Geolocalización	X	X	X	-
17	Mapas de ruta	X	X	X	-
18	Planeación territorial	X	X	X	-
19	Planeación y gestión municipal	X	X	X	-
20	Turismo	X	X	X	-
21	Uso y cobertura vegetal	X	X	X	-
22	Arqueología	X	X	X	X
23	Comprobación de nuevos desarrollos urbanos	X	X	X	X
24	Estudios agroforestales	X	X	X	X
25	Hidrología	X	X	X	X
26	Inundaciones	X	X	X	X
27	Medio ambiente	X	X	X	X
28	Mercadeo	X	X	X	X
29	Recreación	X	X	X	X
30	Visualización del paisaje	X	X	X	X
31	Zonas homogéneas	X	X	X	X

Fuente: Adaptación del Manual de estándares cartográficos aplicados al catastro SNCP-SUNARP.



## 2.9. IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS PARA GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPAS

— El IGN en su documento especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica escala 1:1000, indica como fases generales a los siguientes procesos:

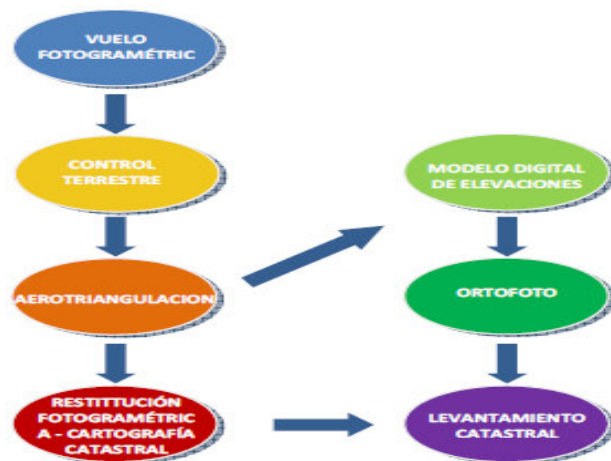
- Vuelo fotogramétrico
- Apoyo de vuelo fotogramétrico
- Aerotriangulación digital
- Restitución Fotogramétrica
- Clasificación de Campo
- Edición de Cartografía
- Control de Calidad de Gráfico

— El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, En el programa de Investigación en información de la biodiversidad amazónica – BIOINFO . Indica la metodología para el proyecto de “Desarrollo de Tecnologías en sistemas sobre biodiversidad, socio biodiversidad y economía amazónica. Sistema de adquisición remota de imágenes mediante vehículos aéreos no tripulados (UAV). Ver Figura N° 21.



**Figura N° 21. Procedimiento de los servicios de observación con uav.**  
**Fuente: Bioinfo.**

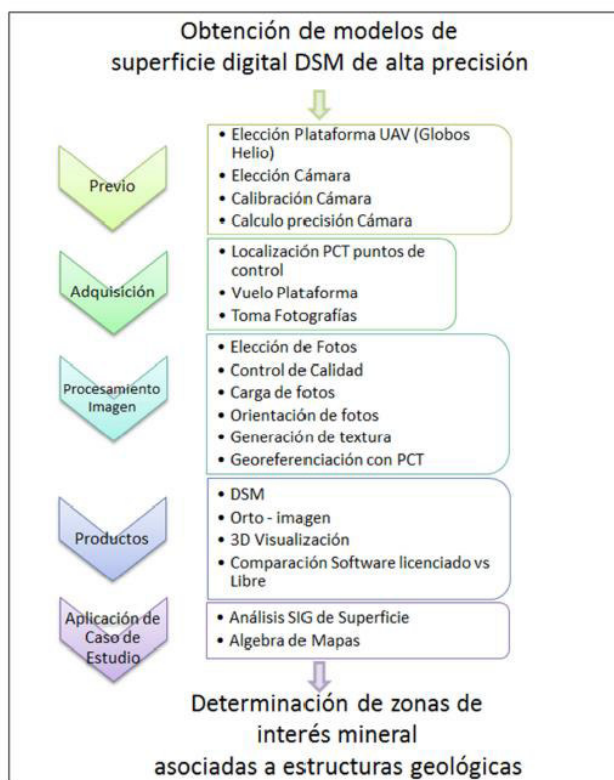
— El Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial (SNCP) en colaboración de Superintendencia Nacional de Los Registros Públicos (SUNARP) Perú, en su publicación estándares cartográficos aplicados al catastro indica una metodología en la obtención de ortofotos empleando imágenes de vuelos aéreos tripulado. Ver Figura N° 22.



**Figura N° 22. Fases para la obtención de ortofoto y cartografía desde vuelos aéreos tripulados.**

**Fuente: SNCP SUNARP.**

— En la tesis Adquisición Modelo de Superficie Digital DSM de alta resolución de bajo costo: Caso de estudio geología Estructural Cien Pesos Marmato (Ortiz, 2012). Se visualiza el desarrollo de la metodología en la Figura N° 23.



**Figura N° 23. Esquema metodológico para la obtención de Modelo Superficie.**

## 2.10. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

### ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPAS EMPLEANDO UN MICRODRON-MULTIROTOR

FASES	SUBFASE	TRABAJO	DESCRIPCIÓN DE SUBFASES
PLAN DE VUELO	CONSIDERACIONES PREVIAS AL VUELO	GABINETE CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA ZONA DE VUELO.</li> <li>➤ CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DEL DRON</li> <li>➤ FACTIBILIDAD DE VUELO (RIESGO).</li> </ul>
	ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO DEL PROYECTO	GABINETE	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO</li> <li>➤ SELECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE VUELO</li> <li>➤ ESCALA DE TRABAJO A CONSIDERAR</li> </ul>
	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FOTOGRAMÉTRICAS	GABINETE	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN</li> <li>➤ DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FOTOGRAMÉTRICOS (GSD, TRASLAPE, TIEMPO DE CAPTURA, GEOREFERENCIACIÓN DE IMÁGENES).</li> <li>➤ CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA DRON(AUTONOMÍA, NÚMERO DE VUELOS, ALCANCE LONGITUDINAL, VELOCIDAD, TIEMPO DE VUELO, LÍNEAS DE VUELO)</li> <li>➤ CARACTERÍSTICAS DE PUNTOS DE CONTROL (PRECISIÓN, IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS).</li> </ul>

PRE VUELO	SEÑALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DE ESTADO APROPIADO PARA EL VUELO DRON	CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SEÑALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL</li> <li>➤ VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS APTOS PARA EL VUELO(PLATAFORMA DRON, ESTABILIZADOR-GIMBAL, CÁMARA)</li> </ul>
-----------	--	-------	---

IMÁGENES AÉREAS	PLANEAMIENTO DE VUELO PROGRAMADO-PC	CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ INGRESO DE PARÁMETROS PARA EL VUELO(DISTANCIA FOCAL, DIMENSIÓN DEL SENSOR, TIPO DE GEOREFERENCIACIÓN)</li> </ul>
	EJECUCIÓN DE VUELO DESDE EL DESPEGUE HASTA EL ATERRIZAJE	CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PLANEAMIENTO DE VUELO PROGRAMADO-PC, TRASLAPE LONGITUDINAL, DISTANCIA MÁXIMA DE LÍNEA, ALTURA DE VUELO</li> <li>➤ ELECCIÓN DE LUGAR DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE (CAPTURA DE CÁMARA, DETERMINACIÓN DE HOME, CARGAR RUTA).</li> <li>➤ VISUALIZACIÓN EN TODO MOMENTO</li> </ul>

<b>PROCESO SIN CONTROL</b>	INGRESO DE LAS FOTOS DEPURADAS	GABINETE	➤ PROCESADO EN SOFTWARE FOTOGRAMÉTRICO
	ARCHIVO DE TXT		
	ORIENTACIÓN FOTOS		
	CREACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA		
	CREACIÓN DE MALLA		
	CREACIÓN DE TEXTURA		

<b>GEOREFERENCIAR PUNTOS DE CONTROL</b>	GENERACIÓN DE DOCUMENTOS DE APOYO	GABINETE	➤ IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL CON LA ORTOFOTO NO CONTROLADA
	DETERMINACIÓN DE REFERENCIA BASE GEOGRÁFICA	CAMPO	➤ EN BASE A SUS CARACTERÍSTICAS GEODÉSICAS SE INDICARAN SUS COORDENADAS GEOGRÁFICAS.
	GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL	CAMPO	➤ POSICIONAMIENTO DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL EN RELACIÓN A PUNTOS GEODÉSICOS DE ORDEN MAYOR
	GENERAR UNA FICHA IDENTIFICANDO LA POSICIÓN	GABINETE	➤ INDICAR LOS ATRIBUTOS DE POSICIONAMIENTO E IDENTIFICACIÓN VISUAL DEL PUNTO DE CONTROL

<b>PROCESO DE ORTOFOTO CONTROLADA</b>	INGRESO DE LAS FOTOGRAFÍAS DEPURADAS CORRECTAMENTE GEORREFERENCIADAS	GABINETE	➤ PROCESO EN SOFTWARE FOTOGRAMÉTRICO
	ORIENTACIÓN FOTOS		
	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL EN ORTOFOTO		
	CREACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA		
	CREACIÓN DE MALLA		
	CREACIÓN DE TEXTURA		

<b>AJUSTE POLINOMIAL</b>	AJUSTE POLINOMIAL PLANIMÉTRICO	GABINETE	➤ AJUSTE PUNTOS DE CONTROL-ORTOFOTO ➤ DETERMINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE TRAZO (VERIFICACIÓN )
--------------------------	--------------------------------	----------	--

<b>ORTOFOTO MAPA</b>	GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPAS	GABINETE	➤ EXTRACCIÓN DE ELEMENTOS IDENTIFICABLES EN LA ORTOFOTO PARA LA GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA.
----------------------	-----------------------------	----------	--

## **2.11. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA**

### **2.11.1. PLAN DE VUELO**

#### **2.11.1.1. CONSIDERACIONES PREVIA AL VUELO DRON**

##### **CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA ZONA DE VUELO**

Es de importancia realizar la búsqueda y recolección de mapas, fotografías o cualquier material pertinente para realizar un adecuado planeamiento de vuelo e identificación de las posibles zonas de despegue, de igual manera verificar su accesibilidad a ellos, en esta primera fase. Actualmente se dispone como un elemento de apoyo las imágenes de Google Earth o el uso de Street View sin embargo es de suma importancia realizar visita al área de trabajo de forma para indicar la viabilidad del uso de un dron y que tipo de dron se puede emplear.

##### **CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DEL DRON**

Identificar los requerimientos de los proyectos implica conocer las especificaciones técnicas del dron, el ámbito geográfico donde se desarrollara el vuelo, uso que se dará a las fotografías, escala cartográfica final de la ortofoto y el nivel de precisión y exactitud estimada. Estos elementos influyen en la empleabilidad del sistema microdron.

Estas consideraciones deben estar sujetas a análisis no solo del ámbito de estudio sino también de su entorno inmediato continuo.

##### **FACTIBILIDAD DE VUELO (Riesgo)**

Se debe de corroborar la empleabilidad del vuelo dron en referencia a actividades o elementos de riesgo que se puedan suscitar en la zona de trabajo.

#### **2.11.1.2. ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO DEL PROYECTO**

##### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

Es de suma importancia conocer que actividades se desarrollan en el área de trabajo de igual manera las condiciones meteorológicas y la accesibilidad a la zona de operación dron.

##### **RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE VUELO**

Limitar los ámbitos de trabajo, en relación a los cambios bruscos de pendiente, de igual manera un reconocimiento rápido de la zona de trabajo permitirá la selección de las zonas de posible despegue y aterrizaje en un estado definitivo.

Para la determinación de la zonas de vuelo se realiza un cálculo rápido in situ, verificando los lugares probables de despegue y aterrizaje considerando la accesibilidad y el número de vuelo programados.

### ESCALA DE TRABAJO A CONSIDERAR

Se debe de considerar la apreciación de objetos a la escala estimada, en pruebas previas se determina estándares de trabajos con escalas entre rango de 1:3,000 – 1:500. Se debe de tener un criterio como el graficismo<sup>6</sup> para la programación del vuelo y su resolución espacial.

### 2.11.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FOTOGRAMÉTRICAS

#### CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN

Para la obtención de la ortofoto, se debe verificar las características indicadas en la metadata de la imagen digital que está en las propiedades de las imágenes. La variabilidad de un elemento para el cálculo fotogramétrico puede ocasionar la variación de la metodología o un resultado no estandarizado, que será evaluado en el post proceso.

#### CALCULO DE PARÁMETROS FOTOGRAMÉTRICOS


##### GSD

El GSD es la representación del terreno en un pixel, lo que permite vincular directamente con el nivel de precisión y detalle de la ortofoto resultante. Debido a la variabilidad del terreno el GSD en la ortofoto es un promedio resultante de los pixeles en representación al área de trabajo.

##### ALTURA DE VUELO

En base al GSD que se desea obtener, las características técnicas de la cámara y considerando la captura de la imagen vertical (paralela al horizonte), se debe de estimar la altura de vuelo para la programación del vuelo minimizando posibles colisiones durante la programación de vuelo. Ver Cuadro N°3.

**Cuadro N° 3. Altura de vuelo y GSD.**

Altura de Vuelo	150 m	50m
GSD Calculado	0.101m	0.034m
En condiciones estándar de uniformidad del terreno y considerando un mismo sensor (GoPro) a distintas alturas.		

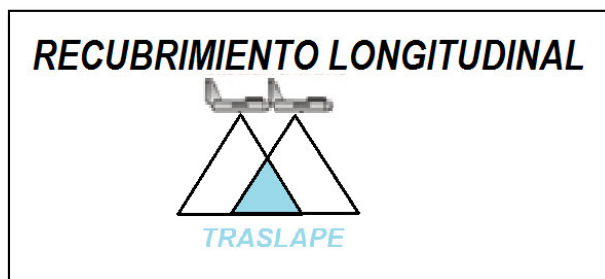
**Fuente: Elaboración propia.**

<sup>6</sup> Se refiere a que cantidad según la escala de la carta, corresponde a la mínima distancia apreciable.

### TRASLAPE LONGITUDINAL

La programación de las líneas de vuelo se debe de considerar un traslape mayor al 60% en condiciones de poca variabilidad del relieve superficial, para un adecuado procesamiento, que permitirá encontrar su correspondiente homólogo entre tomas aéreas.

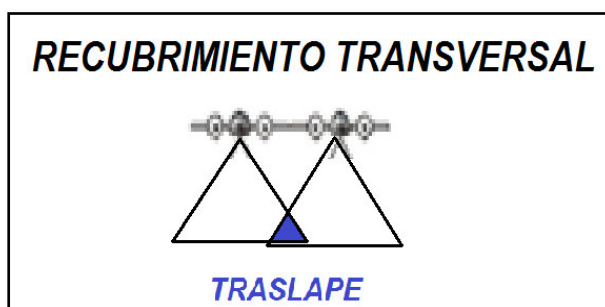
El traslape longitudinal en este caso de estudio deberá ser mayor al 60% (estandarizado en el vuelo tripulado) debido a la presencia de infraestructura lo cual requiere una mayor percepción y variedad de tomas en el transcurso del vuelo para detectar los ángulos no visibles de las edificaciones. Ver Figura N° 24.



**Figura N° 24. Recubrimiento longitudinal.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

### TRASLAPE TRANSVERSAL-BASE EN EL AIRE

La programación de las líneas de vuelo debe de presentar un traslape mayor al 30%, para un adecuado procesamiento, que permitirá encontrar su correspondiente entre tomas aéreas. Este parámetro indica la separación mínima entre líneas de vuelo. Ver Figura N° 25.



**Figura N° 25. Recubrimiento transversal.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

### TIEMPO DE CAPTURA

El tiempo de captura hace referencia al intervalo de disparo una vez que la plataforma dron este en el aire. Este parámetro es apropiado para efectos de sincronización entre posición y toma de la fotografía.

### NÚMERO DE FOTOGRAFÍAS POR LÍNEA DE VUELO

Al utilizar un medio de almacenamiento digital es de suma importancia indicar la cantidad de memoria será requerida para su adecuado registro.

## **GEOREFERENCIACIÓN DE IMÁGENES**

Para el proceso de ortofotomapas es de importancia obtener coordenadas de las imágenes aéreas para agilizar el proceso fotogramétrico (correspondencia epipolar en la orientación interna y externa).

## **NUMERO DE LÍNEAS DE VUELO**

El número de líneas de vuelo está relacionada con la ruta a programar y el tiempo que demandaría cubrir toda el área de trabajo considerando el tiempo de despegue y aterrizaje.

## **RESTRICCIÓN DE LAS LÍNEAS DE VUELO**

Conocer los aspectos técnicos de operatividad del dron. Aspectos como la velocidad horizontal y vertical, la autonomía para el vuelo considerando el despegue y aterrizaje, alcance longitudinal máximo y total de recorrido estimado en condiciones estándar.

## **CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA DRON**

### **AUTONOMÍA**

La autonomía está ligada al tiempo de permanencia de la plataforma dron en el aire desde su despegue hasta su aterrizaje. Una mayor permanencia en el aire permitirá un mayor número de líneas de vuelo o un recorrido mayor sin arriesgar integridad alguna.

### **NUMERO DE VUELOS**

La autonomía puede ser un limitante para sobrevolar un área con dificultades de acceso, gran extensión o cambio abrupto de la pendiente. Se debe de considerar realizar 2 o más vuelos para cubrir todo el área programado. Lo cual induce a realizar una programación aproximada de vuelo en base al rendimiento del dron.

### **ALCANCE LONGITUDINAL**

Considerar líneas extensas para aprovechar la autonomía es tentativo, sin embargo no se puede dirigir o programar líneas de vuelo mayores a las especificaciones técnicas indicadas, debido a que se pierde contacto con el dron y puede conllevar a un peligro.

### **VELOCIDAD DE LA PLATAFORMA**

Este aspecto vincula la calidad de la toma aérea y a la velocidad e intensidad del viento, que depende directamente de las condiciones meteorológicas del lugar.

### **TIEMPO DE VUELO**

Se debe de considerar los lapsos de tiempo para la programación y rendimiento de la plataforma dron. Dichos lapsos son el despegue, vuelo, contingencia (viento) y aterrizaje. Sin embargo una consideración de 10% de todo el recorrido como tiempo de emergencia para su aterrizaje.



## LÍNEAS DE VUELO

Las líneas de vuelo estarán consideradas en base al alcance y la forma a sobrevolar pudiendo ser autónoma, semiautónoma o manual.

## CARACTERÍSTICAS DE PUNTOS DE CONTROL

En referencia a los vuelos aéreos tripulados, la fotogrametría terrestre y fotogrametría de objeto cercano, se debe de considerar los puntos de control en relación a la variación morfológica y estar homogéneamente distribuidos, para un correcto control altimétrico. de igual manera estos deben ser mayores a 10 puntos de control por vuelo realizado.

## NUMERO DE PUNTOS DE CONTROL

Para el posicionamiento del punto de control se puede aplicar el método de RTK, debido a que el reconocimiento de los puntos de control puede estar dentro de la tolerancia, el cual está ligada directamente con la escala de trabajo.

## PRECISIÓN

Se puede considerar un posicionamiento de RTK, en modo cinemático lo cual genera un adecuado control debido a que su precisión esta debajo de los 10 cm para un control horizontal.

## IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS

Se considera como elemento de importancia la discriminación de tonos y las dimensiones del GSD para el marcado y nivel de precisión estimada

### 2.11.2. PRE VUELO

#### 2.11.2.1. SEÑALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DE ESTADO APROPIADO PARA EL VUELO DRON

En base a los cálculos para la determinación del GSD, se debe establecer los puntos de interés con dimensiones mayores a 0.30 m, que son de utilidad para el control geográfico de la ortofoto, estos puntos señalizados pueden ser cruces de acera, marcas de tránsito, esquina de infraestructura, marcas independientes, de tal forma que pueda ser identificado en más de una fotografía para su correcto procesamiento.

Debido a los cambios meteorológicos, se realiza una prueba de vuelo para verificar el movimiento, respuesta y control del dron ante el viento.

Esta fase es un **indicador** para asegurar el correcto funcionamiento de los controles y condiciones meteorológicas apropiadas para la seguridad del dron y del entorno que lo rodea.

## **SEÑALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL**

La señalización debe estar correctamente visible en la identificación de las fotografías, permitiendo una rápida ubicación para la toma de datos.

Se debe de realizar la distribución de los puntos de control de manera homogénea de tal manera que represente el modelo digital de elevación en el área de trabajo con sus respectivos desniveles.

## **VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS APTOS PARA EL VUELO**

### **PLATAFORMA DRON**

#### **MOTORES**

Dependiendo de la cantidad de motores que disponga el dron, deberán ser verificados antes del despegue, de igual manera su correcto funcionamiento con las hélices.

#### **BATERÍAS**

Verificar el correcto funcionamiento de las cargas y el tiempo de vida de las baterías, el número de vuelo realizado y su desgaste en el transcurso del tiempo. Es recomendable emplear baterías inteligentes que permiten el retorno del dron al punto de partida relacionado a su carga.

#### **CALIBRACIÓN DEL DRON**

Esto permite orientar al dron, en relación a su brújula interna y realizar los movimientos controlados con asistencia GPS manual o semiasistida. Implica corroborar su posicionamiento dron “HOME”, para su operatividad de retorno al punto de despegue ante cualquier eventualidad no controlada como un protocolo de seguridad.

#### **CONTROL SISTEMA TIERRA**

Es un aspecto a considerar si se realiza un control o programación desde tierra, desde un celular o un computador, que permite apreciar el estado operativo del multirotor.

### **ESTABILIZADOR – GIMBAL**

#### **CALIBRACIÓN**

El Gimbal es un estabilizador y amortiguador de movimiento, lo que ayuda a disminuir la vibración debido a las corrientes de aire o el movimiento propio del dron, de igual manera mantiene firme la posición de la cámara en relación al horizonte.

#### **POSICIÓN PARALELA AL HORIZONTE**

Es una configuración que se le debe de dar al dron para que las tomas sean paralelas al horizonte y permita una imagen con deformación del centro hacia los bordes.

## **CÁMARA FOTOGRÁFICA**

### **PROGRAMAR EL INTERVALO DE CAPTURA DE IMÁGENES**

Debido a que existen gran variedad de cámaras fotográficas, integradas o no al dron, se debe de conocer su capacidad de captura de imagen para la elección de traslape, altura de vuelo y posteriormente sea configurado en la programación y planeamiento del vuelo.

### **MEMORIA**

La era digital contribuye a manipular con una mayor velocidad las fotografías, se debe de considerar como un elemento de suma importancia, el tamaño digital de cada foto y la cantidad de memoria requerida para un vuelo o vuelos por día.

### **BATERÍA**

Cuando las cámaras no son integradas se debe de considerar la batería que disponible por la cámara en sí y si es apropiado para el número de vuelos estimados con dicho dron.

## **2.11.3. IMÁGENES AÉREAS**

### **2.11.3.1. PLANEAMIENTO DE VUELO PROGRAMADO**

El avance de la tecnología permite que exista plataformas operativas digitales, mediante una conexión a distancia permite comunicarnos con el dron mediante órdenes y rutas de vuelo.

## **INGRESO DE PARÁMETROS PARA EL VUELO**

### **DISTANCIA FOCAL**

En el mercado se ofrece gran variabilidad de cámara fotográfica, es por ello que el reconocimiento de la distancia focal permite calcular la cobertura del área a fotografiar, de igual manera este parámetro está estrechamente vinculado a la cantidad de megapíxeles que presenta el sensor.

### **DIMENSIÓN DEL SENSOR**

Este elemento propio de la cámara representa la superficie por fotografía tomada, es por ello importante conocer sus dimensiones.

### **TRASLAPE LATERAL**

Considerar ello permite establecer las líneas de vuelo necesarias para cubrir el área.

### **TRASLAPE LONGITUDINAL**

Relaciona la velocidad del dron y el tiempo de toma de cada fotografía

#### **DISTANCIA MÁXIMA DE LÍNEA (1KM)**

Se considera este elemento en su programación, pero debe tomarse en cuenta la visión dron-piloto, conexión y autonomía. Se puede cubrir trazos largos,

#### **ALTURA DE VUELO.**

Considerar una altura de seguridad para el ascenso, líneas de vuelo y el retorno seguro del dron.

### **2.11.3.2. EJECUCIÓN DEL VUELO<sup>7</sup>**

#### **ELECCIÓN DE LUGAR DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE**

Elegir el lugar de despegue es de suma importancia debido a que será un centro de operaciones para la programación y control del dron, es por ello que su accesibilidad debe ser conveniente y libre de obstáculos para el despegue o aterrizaje, de igual manera debe permitir la visualización del dron en todo momento.

#### **CAPTURA DE CÁMARA - MEMORIA**

Encender la cámara para verificar su correcto funcionamiento y programar sus parámetros.

#### **DETERMINACIÓN DE HOME**

Por seguridad una vez definido el área de despegue y aterrizaje, se debe de considerar encenderlo con motivo de retornar a casa si acontece algún percance.

#### **CARGAR LA RUTA PROGRAMADA**

Una vez determinado los parámetros se debe de considerar la altura de vuelo y la plataforma donde se realizara la programación de vuelo.

#### **DESARROLLO DEL VUELO**

Es necesario tener contacto visual en todo momento del vuelo, así este se encuentre programado y en modo automático. El dron a emplear debe de disponer de condiciones técnicas necesarias para cambiar su estado programado a semimanual o manual.

#### **DESCENSO DEL DRON AL PUNTO DE DESPEGUE DE FORMA SEMIAUTOMÁTICA**

El descenso debe ser controlado en todo momento por el piloto.

#### **EXTRACCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Extracción de la información básica obtenida, coordenadas imágenes obtenidas con la cámara fotográfica.

---

<sup>7</sup> Se considera el tiempo desde el despegue hasta el aterrizaje.

## **FOTOS**

Las fotos deben estar en un formato común manejable como JPG o TIFF.

## **INFORMACIÓN DE COORDENADAS**

Las coordenadas de cada imagen deben referirse a un sistema de coordenada geográfico y deben ser manipulables de alguna manera.

## **GEOREFERENCIADO DE LAS IMÁGENES**

En caso de que las fotografías no dispongan de metada el posicionamiento geográfico, se empleara otro dispositivo u otro método el cual permita obtener coordenadas aproximadas de la imagen al momento de la captura.

### **2.11.4. PROCESO DE ORTOFOTO NO CONTROLADA**

#### **INGRESO DE LAS FOTOS DEPURADAS**

##### **CARGANDO FOTOS**

En base a la descripción obtenida en el módulo de ayuda de PhotoScan se indica lo siguiente en referencia a este proceso:

Antes de iniciar cualquier operación es necesario señalar lo que las fotos serán utilizadas como fuente para la reconstrucción 3D. De hecho, las fotografías en sí no se cargan en PhotoScan hasta que se necesiten. Así que, cuando se realiza la acción de "fotos de carga" sólo se indican las fotografías que se utilizarán para su posterior procesamiento.

PhotoScan acepta los siguientes formatos de imagen: JPEG, TIFF, PNG, BMP, PPM, OpenEXR y JPEG Formato Multi-Picture (MPO).

En caso de que la fotografía no disponga de información en referencia a sus coordenadas, el módulo de PhotoScan permite agregar un archivo texto con la posición geográfica de cada fotografía.

#### **ORIENTACIÓN DE FOTOS**

En base a la descripción obtenida en el módulo de ayuda del software PhotoScan se indica lo siguiente en referencia a este proceso:

Una vez que las fotos se cargan en PhotoScan, tienen que estar alineados. En esta etapa PhotoScan encuentra la posición de la cámara y la orientación de cada foto y construye un modelo de nube de puntos dispersos.

## **CONSTRUCCIÓN DE NUBES DE PUNTOS**

En base a la descripción obtenida en el módulo de ayuda de Agisoft PhotoScan (Agisoft PhotoScan. User Manual: Professional Edition; Version 1.0.3, 2014) Se indica lo siguiente en referencia a este proceso:

PhotoScan permite generar y visualizar un modelo de nube de puntos densa. Sobre la base de las posiciones estimadas de la cámara el programa calcula la información de profundidad para cada cámara que se combinan en una sola nube de puntos densa. PhotoScan tiende a producir nubes adicionales densas de puntos, que son casi de la misma densidad, si no más densa, como el punto LIDAR. Una nube de puntos densa se puede editar y clasificar dentro del entorno PhotoScan o exportar a una herramienta externa para su posterior análisis.

Los ajustes más altos de calidad pueden ser utilizados para obtener la geometría más detallada y precisa, pero requieren más tiempo para su procesamiento.

## **CONSTRUCCIÓN DE MALLA**

En base a la descripción obtenida en el módulo de ayuda de PhotoScan se indica lo siguiente en referencia a este proceso.

PhotoScan tiende a producir modelos 3D con excesiva resolución geométrica, por lo que se recomienda realizar decimado de malla después del cálculo de geometría. Más información sobre la construcción de malla y otras herramientas de edición de geometría modelo 3D se da en la sección de la geometría del modelo de edición.

## **CREAR TEXTURA**

En base a la descripción obtenida en el módulo de ayuda de PhotoScan se indica lo siguiente en referencia a este proceso:

## **ORTOFOTO**

En el modo de asignación de ortofotos toda la superficie del objeto es de textura en la proyección ortográfica. El modo de asignación de ortofotos produce incluso representación de textura más compacta que el modo de ortofotos adaptable a expensas de la calidad de la textura en las regiones verticales.

### **2.11.5. GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL**

#### **GENERACIÓN DE DOCUMENTO DE APOYO**

Empleando la ortofoto no controlada se debe de realizar planos o mapas en una plataforma de tratamiento de ortofotos el cual se emplee para identificar rápidamente los puntos de control in situ, apoyado de este documento actualizado.

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL CON LA ORTOFOTO NO CONTROLADA**

Con la imagen obtenida sin control de vuelo con dron, se debe ir a inspeccionar y ubicar puntos de control para su georeferenciación. En un sistema de coordenadas. La ubicación de estos puntos debe presentar un correcto contraste para su apropiada identificación en el post proceso.

### **DETERMINACIÓN DE REFERENCIA BASE GEOGRÁFICA**

Debido a que el área a obtener ortofotos es de dimensiones pequeñas, es apropiado disponer de puntos de control horizontal y vertical que serán de referencia para la aplicabilidad de este método.

### **GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL**

En base a la precisión e identificación se empleará el método RTK, teniendo como referencia un punto de control de mayor orden, este proceso se debe de realizar en el margen de medias probables aceptándolos como valor verdadero con mediciones repetitivas y en circuitos cerrados.

### **GENERAR UNA FICHA IDENTIFICANDO LA POSICIÓN**

Al obtener los puntos de control se debe de obtener un registro de todos los puntos con su fotografía de perfil posicionando el bastón de referencia y una panorámica para situarlo en su contexto.

## **2.11.6. PROCESO DE ORTOFOTO CONTROLADA**

Para la generación de la ortofoto se debe de seguir los pasos anteriormente descritos en la generación de la ortofoto no controlada, el cual presenta una precisión de un GPS navegador.

Sin embargo se debe realizar una alteración en una parte del procesamiento.

### **INGRESO DE LAS FOTOS DEPURADAS**

Se debe verificar si estas fotografías presentan en su metadata coordenadas globales o locales que permitirán su correcto procesamiento. De no ser el caso se debe de integrar la información de las fotografías con la información de posicionamiento.

### **FOTOIDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL**

Una vez obtenido los puntos de control para su procesamiento están deberán ser identificadas en las fotografías aéreas, lo que permitirá realizar el ajuste en la ortofoto final.

### **CREACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA**

Al igual que el proceso realizado en la foto no controlada, se debe realizar este procedimiento para la obtención de una ortofoto de calidad y una clasificación de puntos.

### **CREACIÓN DE MALLA**

Es el modelo digital de elevación que se obtiene, el cual es apropiado para la generación de la ortofoto final, este modelo digital de elevación se basa en la nube de puntos obtenidos.

### **CREACIÓN DE TEXTURA**

La textura es la ortofoto final, que es un mosaico de las imágenes obtenidas con referencia al modelo digital de elevación.

## **2.11.7. AJUSTE POLINOMIAL**

### **AJUSTE POLINOMIAL PLANIMÉTRICO**

#### **AJUSTE PUNTOS DE CONTROL-ORTOFOTO**

Empleando los puntos de control obtenidos en campo, las ortofotos obtenidas en el procesamiento anterior y una plataforma de sistemas de información geográfica, se realiza una georeferenciación a nivel planimétrico entre los puntos de control y el objeto a georeferenciar en la imagen, este proceso estará asociado al error máximo permisible para la terminación de calidad geométrica de la ortofoto. Según el IGN, se determina un error máximo permisible para una escala de 1:1000 un error de 0.20m.

### **DETERMINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE TRAZO**

En base a otra información cartográfica de mayor orden se debe realizar un muestreo de posicionamiento de objetos los cuales deben estar asociados a su identificación y discriminación de píxeles en la ortofoto.

Según el IGN se indica que el 96% de los puntos deben estar debajo del error máximo permisible según el muestreo y el 4 % restante debajo de 0.25 m para una escala 1:1000.

De igual manera se puede realizar una adecuada clasificación en relación a su escala y su tolerancia al error así como sus características técnicas finales para una determinada escala.



## **2.11.8. GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPA**

### **EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA**

En un software de tratamiento de sistemas de información geográfica, se puede lograr extraer dimensiones e identificación de elementos mediante la digitalización de estos añadiéndole determinados atributos según la información presente en la fotografías.

### **EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN ALTIMÉTRICA**







Dentro del proceso para la generación de ortofotos, se encuentra la adquisición de un MDE, el cual es un insumo para la generación e curvas de nivel.

## CAPITULO III

### 3. COMPONENTES DEL SISTEMA MICRODRON-MULTIROTOR EN EL CASO DE ESTUDIO

#### 3.1. PLATAFORMA MICRODRON – MULTIROTOR

Tabla N° 5.Adaptado del manual de DJI para Phantom 2 v2.

MARCO	MOTORES-HÉLICES-ESC	CONTROLADOR DE VUELO
		
Es de material tipo plástico, el cual sirve como soporte para todos los componentes que se le asocian en el vuelo y presenta un perfil aerodinámico	Motor 2312(Ancho y largo del motor en mm) de 690Kv (revolución por minuto empleando un voltio), con controlador de velocidad de 800g. Hélices con diámetro x Pitch: 9 x 5 "/>24 x 13 cm	El sistema de control de vuelo tiene a emplear el controlador principal, IMU <sup>8</sup> , GPS, brújula y receptor.
RADIO CONTROL	BATERÍAS	GPS-BRÚJULA
		
Se conectar al receptor ubicado en la plataforma dron mediante el controlador de vuelo de 2.4GHz	Presenta un batería inteligente el cual está diseñada especialmente para el marco, con una capacidad de 5200mAh,un voltaje de 11.1V y una funcionabilidad de carga y descarga	La brújula lee informacion geomagnetica,la cual asiste al GPS <sup>9</sup> para calcular la posicion del dron y la altura para bloquear el dron en un vuelo estable.Calibración por vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

<sup>8</sup> Unidad de Medida Inercial, tiene un sensor inercial integrado y un altímetro barométrico que mide tanto la inclinación como la altitud.

<sup>9</sup> Sistema de Posición Global

### 3.2. ESPECIFICACIONES PHANTOM 2 V2

Se debe considerar estas especificaciones técnicas indicadas por la empresa DJI en el proceso de optimización del dron, debido a que no se afecte o se sobreexplota su capacidad de operatividad. Ver Figura N° 26.

Drone	
Temperatura ambiental operativa	-10°C a 50°C
Consumo de energía	5.6W
Batería Soportada	Batería Inteligente DJI
Peso (incluyendo la batería)	1000g
Peso de despegue	≤ 1300g
Exactitud de planeo (Listo para Volar)	Vertical: 0.8m; Horizontal: 2.5m
Max Velocidad Angular	200°/s
Ángulo Max de Inclínación	35°
Velocidad de Ascenso/Descenso Max	Ascenso: 6m/s; Descenso: 2m/s
Velocidad de vuelo Max	15m/s (no Recomendado)
Distancia entre ejes	350mm
Mando a distancia 2.4GHz	
Frecuencia Operativa	2.4GHz ISM
Distancia de Comunicación (zona abierta)	1000m
Sensibilidad del Receptor (1%PER)	-97dBm
Voltaje/Corriente Operativa	120 mA@3.7V
Corriente/Capacidad Batería LiPo Integrada	3.7V, 2000mAh
Batería Inteligente DJI	
Tipo	3S Batería LiPo
Capacidad	5200mAh, 11.1V
Rango entorno de Carga	0°C a 40°C
Rango entorno de Descarga	-20°C a 50°C

Figura N° 26. Características generales del Phantom 2 v2.

Fuente: Adaptación de manual Phantom 2 extraído de todophantom.com.

En relación a la norma técnica complementaria la operatividad del dron no será mayor a la visibilidad de este en referencia a la base de vuelo y en altura será menor a 152 metros de altura de despegue.

### **3.3. COMPONENTES PARA POTENCIAR EL SISTEMA MICRODRON EN EL CASO DE ESTUDIO**

#### **3.3.1. GIMBAL**

Zenmuse H3-3D (Figura N° 27), es un estabilizador electrónico de 3 ejes, compatible con los sistemas de control de vuelo de DJI, presenta un IMU independiente. Este producto es adaptable a la cámara GoPro lo cual posibilita posicionar a la cámara de forma horizontal apropiado para las tomas aéreas apropiados para la fotogrametría.



**Figura N° 27. Gimbal Zenmuse 3–Cámara GoPro.  
Fuente: Elaboración propia.**

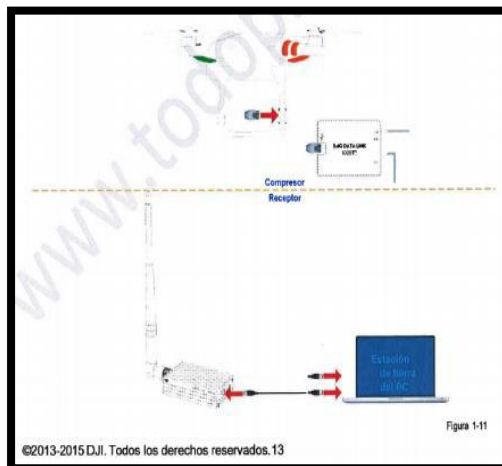
#### **3.3.2. DATA LINK - GROUND STATION**

Es un sistema de comunicación de un dispositivo como el computador y el dron (Figura N° 29), siendo el data link una comunicación empleando la telemetría, utilizando componentes electrónicos (Figura N° 28) que transmiten (emisor) y reciben (receptor) datos, esto permite realizar la programación de la ruta de vuelo (Figura N° 30) ingresando los parámetros necesarios mediante una plataforma virtual.

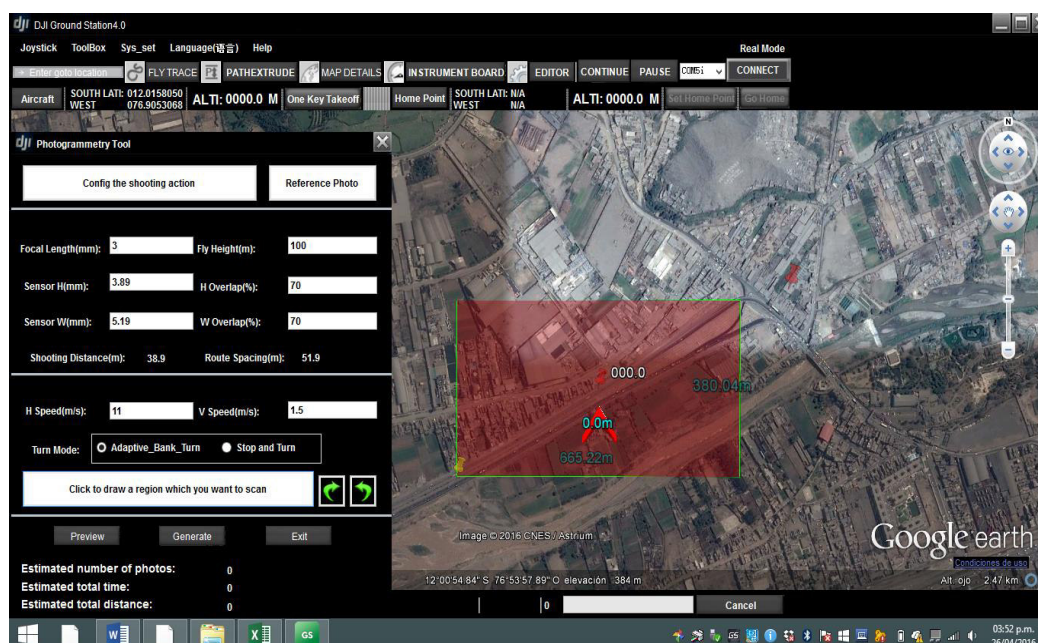




**Figura N° 28.**Componentes electrónicos data link.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura N° 29.**Esquema conexiones.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura N° 30.**Plataforma digital Ground Station.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.3. CÁMARA FOTOGRÁFICA

**Cuadro N° 4. Características técnicas de la cámara fotográfica.**

<b>Marca</b>	GoPro
<b>Modelo</b>	CHDHX-401-EU
<b>Nombre del modelo</b>	HERO4 Black
<b>Año de fabricación</b>	2014
<b>Peso del producto</b>	649 g
<b>Dimensiones del producto</b>	10,2 x 25,4 x 62,2 cm
<b>Pilas:</b>	1 Iones de litio necesaria(s), incluida(s)
<b>Número de modelo del producto</b>	CHDHX-401-EU
<b>Número de producto</b>	CHDHX-401-EU
<b>Ranuras de memoria disponibles</b>	Micro SD
<b>Tipo de memoria flash</b>	Tarjeta microSD / SDHC / SDXC
<b>Capacidad máxima de la memoria RAM</b>	64 GB
<b>Interfaz del hardware</b>	USB
<b>Aparatos compatibles</b>	MicroSD (TransFlash)
<b>Otras características</b>	resolución 4K30, 1080p 120fps
<b>Componentes incluidos</b>	USB
<b>Software incluido</b>	GoPro App, GoPro Studio
<b>Relación de aspecto de imagen</b>	4:3, 16:9
<b>Tiene estabilización de imagen</b>	No
<b>Relación de aspecto</b>	4:3, 16:9
<b>Resolución de pantalla</b>	1920 x 1080
<b>Máxima resolución</b>	12 Mp (Se emplea 5MP)
<b>Resolución horizontal</b>	4000 píxeles
<b>Resolución del sensor óptico</b>	12 Mp
<b>Resolución vertical máx.</b>	3000 píxeles
<b>Señal de vídeo analógica</b>	NTSC, PAL
<b>Resolución de captura de vídeo</b>	4K
<b>Formato de entrada de video</b>	1080p, 1440p, 720p, 960p
<b>Voltaje</b>	3.8 voltios
<b>Descripción de la batería</b>	4.4 watts_hour
<b>Duración media de la batería</b>	1.5 horas
<b>Composición de la pila de la batería</b>	Iones de litio
<b>Descripción de la interfaz de red</b>	WiFi
<b>Velocidad de fotografía en ráfaga</b>	30.00
<b>Número de puertos USB</b>	1
<b>Tipo de conector</b>	MicroHDMI, MiniUSB
<b>Factor de forma</b>	cámara deportiva
<b>Tipo de lente</b>	Ángulo amplio (Ojo de Pez)
<b>Tipo de medio</b>	mp4

**Fuente: GoPro**



**Figura N° 31. GoPro Hero 4.**

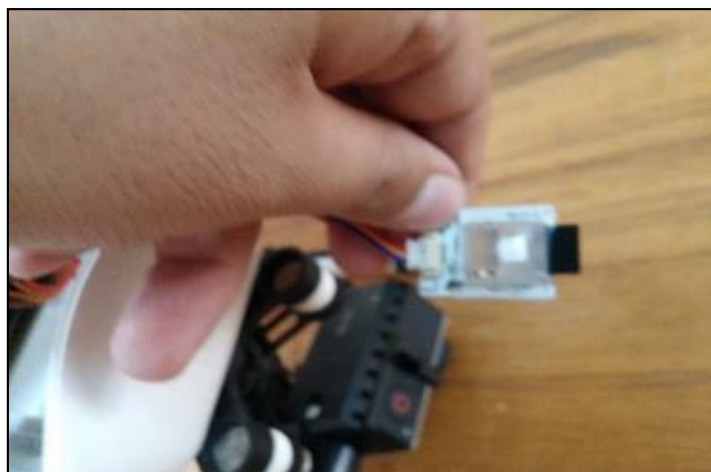
Dentro de las características (Cuadro N° 44) principales que son apropiadas para la fotogrametría es la funcionabilidad de un temporizador, capacidad de almacenamiento en microsd para varios vuelos, sin embargo presenta un detalle con el efecto “ojo de pez” que debe ser evaluado para el procedimiento fotogramétrico.

### **3.3.4. FLYTREX**

La cámara deportiva GoPro Hero 4 (Figura N° 31) no registra coordenadas de posición geográfica, se opta por emplear las coordenadas del dron para dar posición a las imágenes aéreas y sean de utilidad en el proceso de orientación externa en la fase de alineamiento de imágenes.

Se realiza un proceso de verificación empleando puntos fijos geográficos de mayor orden para determinar la viabilidad de emplear este recurso como fuente confiable de posicionamiento. Para este caso los puntos de mayor orden fueron determinados mediante el método diferencial.

El microdron-multirotor empleado en este caso no tiene registro extraíble de las coordenadas geográficas, sin embargo se adaptó un sensor (Figura N° 32) para extraer las coordenadas del recorrido del vuelo y mediante un proceso de sincronización se puede generar indirectamente información de posición geográfica para las imágenes aéreas.



**Figura N° 32. Accesorio Flytrex.**  
**Almacena datos de posicionamiento geográfico empleando el GPS del dron.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

Se emplea un sensor (Flytrex) que almacena los siguientes datos:

Latitude , longitude , altitude(feet) , ascent(feet) , speed(mph) , distance(feet) , max\_altitude(feet) , max\_ascent(feet) , max\_speed(mph) , max\_distance(feet), time(millisecond) , datetime(utc) , datetime(local) , satellites,pressure(Pa) y temperature(F).

### **3.4. CONSIDERACIONES DE OPERATIVIDAD**

#### **3.4.1. RECOMENDACIONES DE VUELO - DJI**

- Antes de su primer vuelo, por favor practique un poco la operación (utilizando un simulador de vuelo para practicar el vuelo, recibir instrucciones de alguien con experiencia, etc).
- No realizar vuelo con mal tiempo como lluvia o viento (más que brisa moderada) o niebla.
- El campo de vuelo debería ser abierto y despejado de edificios altos u otro obstáculo; la estructura de metal en edificio puede interferir con la brújula. Mantener el dron alejado de obstáculos, multitudes, líneas eléctricas, árboles, lagos y ríos, etc. Ver Figura N° 34.
- Intente evitar interferencias entre el mando a distancia y otros equipamientos sin cables (que no haya estaciones base o torres de telefonía cerca).El sistema de control de vuelo no funcionara correctamente en el Polo Sur o Norte.
- Nunca utilice el dron de una forma que infrinja o contravenga leyes y regulaciones internacionales o locales



**Figura N° 33.Comunicación visual directa.**  
**Fuente: Manual Phantom.**



### **3.4.2. EMPLEABILIDAD DEL PHANTOM 2 V2 EN LA FOTOGRAMETRÍA**

El peso del sistema microdron-multirotor con el estabilizar, la cámara GoPro y el Datalink no supera los 1300g siendo este el límite de operatividad eficiente indicada por la misma empresa siendo su autonomía de 20 minutos a 12 minutos cuando tiene todos los componentes instalados y una batería en su máxima eficiencia.

El presente microdron – multirotor Phantom 2 V2 con un Zenmuse H3-D3, una cámara deportiva GoPro, sensor Flytrex y el data link con un computador permite realizar una rutas de vuelo programables en tal sentido que sea semi autónomo, es por ello que se debe mencionar la posibilidad de poder intervenir en los movimiento del dron en todo momento, lo que genera un ámbito de mayor seguridad siendo el piloto quien supervisa, controla y dirige toda la operación aérea.

En términos generales la característica autónoma se emplea para la programación y realización de las rutas de vuelo y la funcionabilidad manual o semiasistida para el aterrizaje o la intervención ante un movimiento por parte del dron no programado.

## CAPÍTULO IV

### 4. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE PRECISIÓN Y EXACTITUD DEL MICRODRON-MULTIROTOR

La importancia de determinar la precisión y exactitud del microdron radica en empleabilidad de los siguientes procedimientos:

- Georeferenciación de las imágenes aéreas.
- Planificación de las rutas de vuelo.
- Determinación de la estación base de vuelo.

#### PROCEDIMIENTO

Se realiza una comparación de posicionamiento geográfico de 5 puntos conocidos, posicionados con método diferencial el cual debe presentar como información su posicionamiento en latitud, longitud, coordenadas este, coordenadas norte y altitud y los registros de posicionamiento obtenidos al instalar el dron en sobre los puntos de coordenadas conocidas.

Para verificar los datos o realizar una revisión detallada del proceso revisar el

ANEXO 1.

#### FASE I: REGISTRO DE DATOS

Se estacionó el microdron (Figura N° 34) sobre puntos de control conocidos durante un lapso de 5 minutos sin interrupción registrando la hora de encendido y apagado.



**Figura N° 34. Microdron recepción de datos GPS.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

La toma de datos se realizó el día 5 de Octubre del 2015 dentro del campus universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, un total de 5 puntos fueron registrados con el mismo método. Ver Tabla N°6.

**Tabla N° 6. Características del tipo de registro geográfico del GPS del dron.  
Hora local de encendido y apagado del microdron para el registro de datos.**

PUNTO	UBICACIÓN Campus Universitario de la UNMSM	INICIO DE REGISTRO GPS HORA LOCAL	FINAL DE REGISTRO GPS HORA LOCAL	OBSERVACIONES
P1	Frente a Facultad de Psicología en cruce de vías	18:49:30	18:54:41	El microdron se ubicó a 5cm del punto geográfico.
P2	Dentro de las instalaciones de la Facultad de Medicina Tropical	19:12:15	19:17:23	El microdron se ubicó a 10cm del punto geográfico.
P3	Instalaciones de la Facultad de Ingeniería de Sistemas	19:23:50	19:29:08	Ubicado en el punto
P4	Cercano a la puerta N°7 del campus universitario	19:45:25	19:50:40	Ubicado en el punto
P5	Instalaciones de la E.A.P Ingeniería Geográfica	19:58:00	20:03:15	Ubicado en el punto

**Fuente: Elaboración propia.**

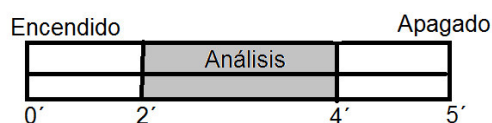
## FASE II: DESCARGA DE DATOS

Una vez obtenido el registro de los datos se realiza la conversión de formato de FPV, que es propio de la empresa FLYTREX a un formato como el cvs de Excel.

## FASE III: TRATAMIENTO DE DATOS

La data que se obtiene almacena datos segundos después del encendido del microdron, además se requiere transformar las coordenadas geodésicas a coordenadas UTM, para un adecuado análisis de medidas. (ANEXO 1).

El registro que se obtiene durante los 5 minutos, es aproximadamente de 2000 registros (aproximadamente 4 registros por segundo) desde que se enciende el dron hasta que se apaga, sin embargo para reducir alguna influencia en el momento de encendido, la comparación de posicionamiento se realiza utilizando los registros desde el minuto 2 al minuto 4 en cada punto de control dando un total de aproximadamente de 400 datos. Las lecturas de satélite son mayores a 8 posterior al minuto 2 de encendido el cual incrementa conforme pasa el tiempo de recepción de datos.



**Figura N° 35. Tiempo de registro de 5 minutos por punto.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Se realiza un el filtro de datos y trabajando con los 120 registros del minuto 2 a minuto 4, que es una muestra poblacional del 80% , se obtiene una media, la desviación estándar ,valores máximos y mínimos en relación al valor verdadero<sup>10</sup> que en este caso será considerado como el valor obtenido con el DGPS.

Análisis del posicionamiento geográfico de los puntos, con método diferencial GPS en contraste a los registro de posicionamiento obtenido con el dron.

A) Para este caso se determina que las coordenadas obtenidas con método diferencial corresponden a un **valor verdadero**. Ver Tabla N°7

**Tabla N° 7. Características geográficas de los puntos fijos.**

<b>COORDENADAS UTM-MÉTODO DIFERENCIAL</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>ALTITUD (m)</b>
<b>P1</b>	8666690.282	272731.831	61.432
<b>P2</b>	8666574.137	272720.984	61.277
<b>P3</b>	8666649.805	272945.539	64.726
<b>P4</b>	8666541.954	273179.197	68.567
<b>P5</b>	8666457.779	272842.298	63.613

**Fuente: Elaboración propia.**

B) Media de los 120 registros por punto en base al posicionamiento con Phantom 2 v2 empleando el Flytrex. Ver Tabla N° 8.

**Tabla N° 8. Coordenadas GPS dron.**

<b>COORDENADAS UTM - GPS DRON</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>ALTITUD (m)</b>
<b>P1</b>	8666690.314	272732.881	85.431
<b>P2</b>	8666574.339	272719.830	70.731
<b>P3</b>	8666649.735	272948.707	116.242
<b>P4</b>	8666541.062	273180.789	85.853
<b>P5</b>	8666456.736	272842.427	78.102

**Fuente: Elaboración propia.**

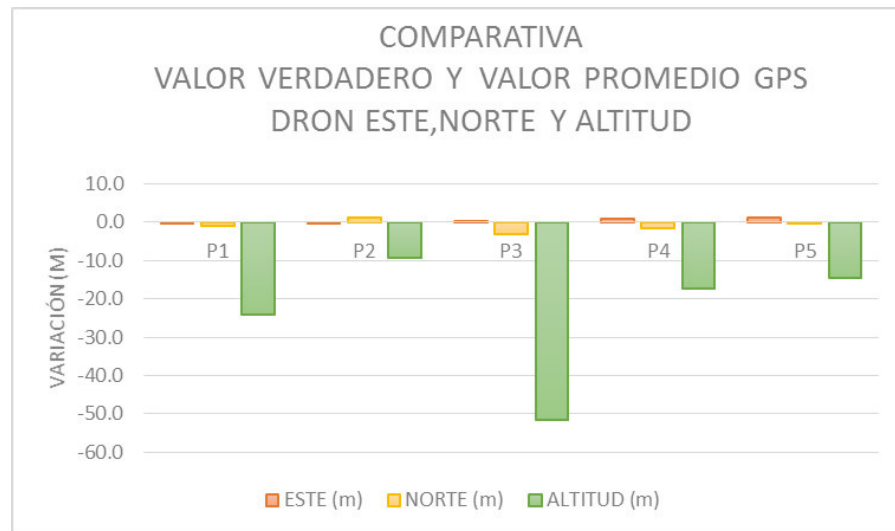
C) Variación numérica entre los valores de posicionamiento en los tres ejes de coordenadas geográficas. Estos valores están en relación directa a la **exactitud** del equipo. Ver Tabla N° 10 y Figura N° 36.

**Tabla N° 9. Variación entre valores de posicionamiento geográfico dron-DGPS.**

<b>DELTA UTM - VALOR VERDADERO - GPS DRON</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>ALTITUD (m)</b>
<b>P1</b>	-0.032	-1.050	-23.999
<b>P2</b>	-0.202	1.154	-9.454
<b>P3</b>	0.070	-3.168	-51.516
<b>P4</b>	0.892	-1.592	-17.286
<b>P5</b>	1.043	-0.129	-14.489

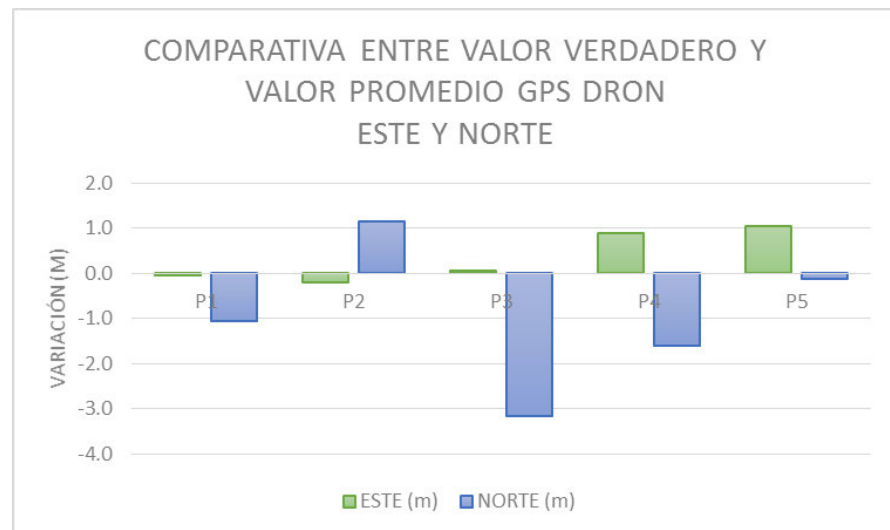
**Fuente: Elaboración propia.**

<sup>10</sup> Valor que es aceptado como correcto de manera convencional.



**Figura N° 36. Comparativa valor verdadero y valor promedio GPS dron este, norte y altitud. Fuente: Elaboración propia.**

La presente comparativa está asociada a nivel de exactitud<sup>11</sup> del microdron.



**Figura N° 37. Comparativa entre posicionamiento planimétrico de puntos geográficos. Fuente: Elaboración propia.**

D) La Desviación estándar está asociada al **nivel de precisión**<sup>12</sup> de los puntos registrados. Ver Tabla N° 10 y Figura N° 38 .

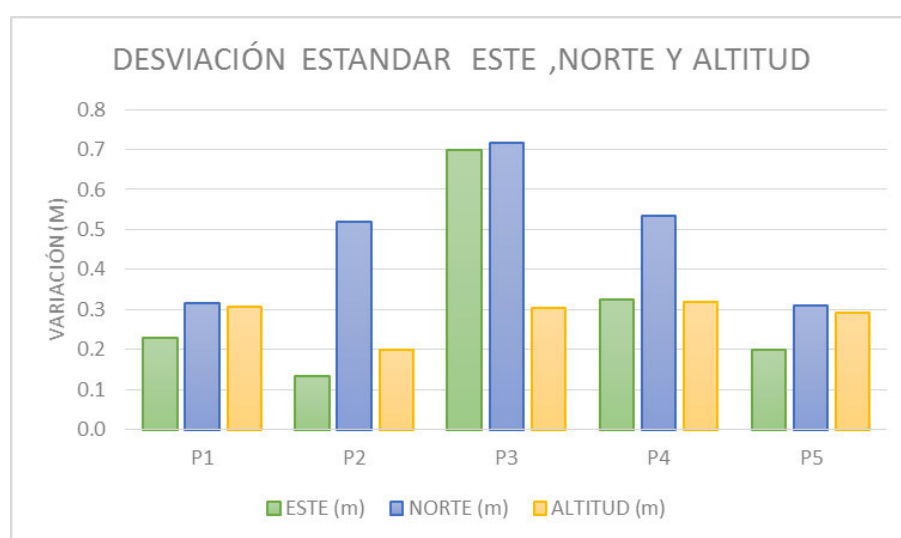
<sup>11</sup> Grado de aproximación al valor verdadero.

<sup>12</sup> Grado de consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados.IGN.

**Tabla N° 10. Variación media de posicionamiento dron.**

<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MEDIA GPS-DRON</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE (m)</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>ALTITUD (m)</b>
<b>P1</b>	0.230	0.316	0.307
<b>P2</b>	0.135	0.518	0.199
<b>P3</b>	0.697	0.718	0.305
<b>P4</b>	0.324	0.535	0.318
<b>P5</b>	0.199	0.309	0.290

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 38. Desviación estándar de los puntos geográficos obtenidos con el posicionamiento dron.**

Fuente: Elaboración propia.

#### **FASE IV: ANÁLISIS DE METADATA DE LOS REGISTROS Y POSICIONAMIENTO GEOGRÁFICO**

El dispositivo registra datos cada 0.25 segundos sin embargo debido a obstáculos o ruido de señal puede haber interrupciones durante este proceso, un ejemplo de ello se da cuando en el lapso de tiempo de 1 segundo debería indicar 4 registros que serían 0.25, 0.50, 0.75 y 1 sin embargo por ruido de señal de recepción no se presenta registro en el segundo 0.75. Es decir que dicho lapso de tiempo solo se presenta 3 registros de posición.

Debido a que el número de satélites es una variable importante para la posición, se debe tomar en cuenta este indicado el cual está en la metadata de recepción.

Los obstáculos como edificaciones, árboles y la cercanía del usuario alteran la información del posicionamiento del dron.

Hay una descoordinación entre la hora local y la hora UTC<sup>13</sup>, indicada por el registro de datos del microdron es por ello que se consideró el registro de posicionamiento después de 2 minutos de la hora de inicio del registro de datos.

Se evidencia que hay variaciones menores a los 5 metros respecto a los valores reales en referencia a las coordenadas planimetrías.

En las referencias altimétricas hay variaciones de 14 a 21 metros, lo que indica que hay que realizar correcciones para emplearlo como coordenadas de imagen para el proceso de orientación exterior.

La obstrucción por obstáculos en la recepción de señal distorsiona los valores en altitud obtenidas por el dron.

Conforme avance el tiempo, la lectura de satélites es mayor hasta llegar los 13 satélites.

Para el presente procedimiento de verificación de posición se recomienda no alejarse del dron cuando realice la captura de datos.

Debido a que el dron está en el aire, se deduce que la cantidad de registro de satélites es mayor debido a que no hay obstáculos naturales y por ende se puede utilizar este posicionamiento como coordenadas de las imágenes, corrigiendo previamente su altitud.

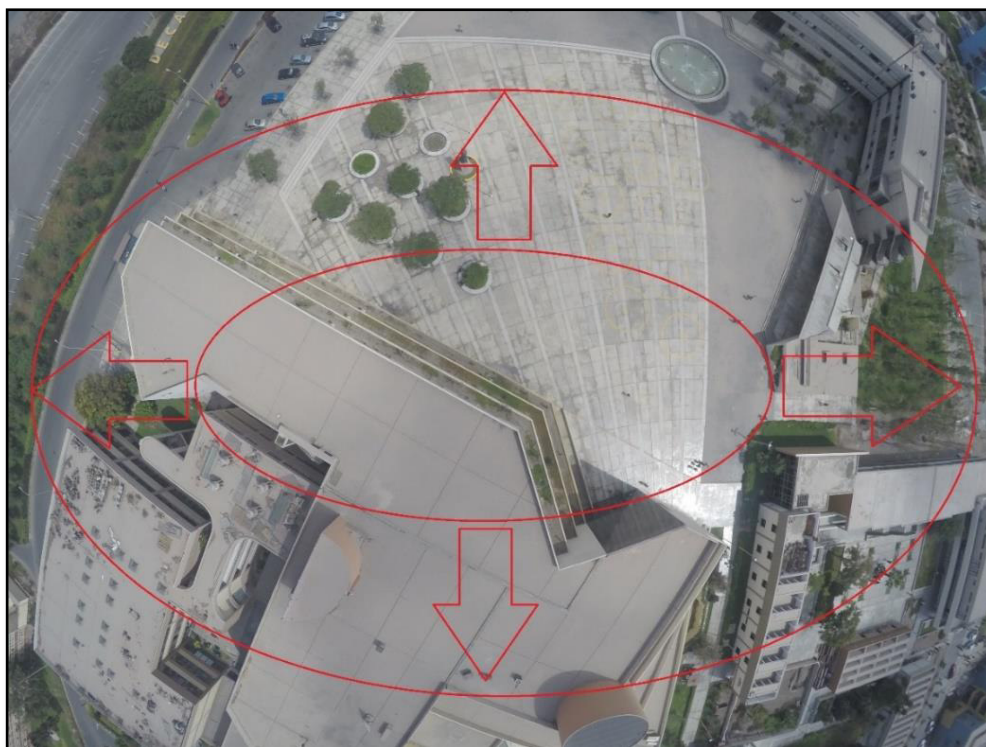
#### **4.1. CONFIGURACIÓN DE CÁMARA DEPORTIVA GOPRO PARA FINES FOTOGRAMÉTRICOS**

La cámara presenta como opción de fabrica la capacidad de realizar tomas a 12 MP (Figura N° 39), siendo esta su máxima capacidad, sin embargo esta funcionabilidad presenta una deformación conocida como “Ojo de Pez” por lo que se deber modificar (Figura N° 40) para una mayor funcionabilidad en el proceso fotogramétrico.

---

<sup>13</sup> UTC. Tiempo Universal Coordinado (Zona horaria de referencia, respecto a la cual se calculan todas las otras zonas del mundo. Es el sucesor del GMT (Greenwich Mean Time: Tiempo Medio de Greenwich). Al Tiempo Universal Coordinado, también se le conoce más comúnmente como "Tiempo Civil" u "Hora Civil".



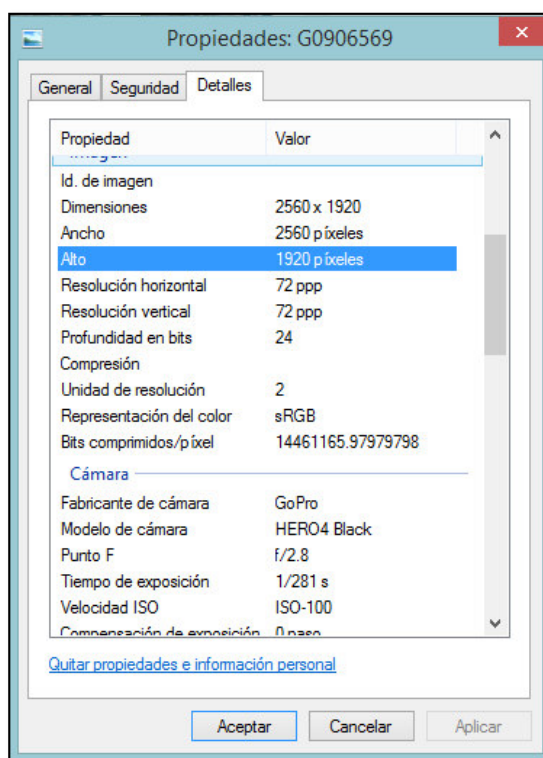


**Figura N° 39.**Captura de imagen con 12MP.  
**Fuente:** Elaboración propia.



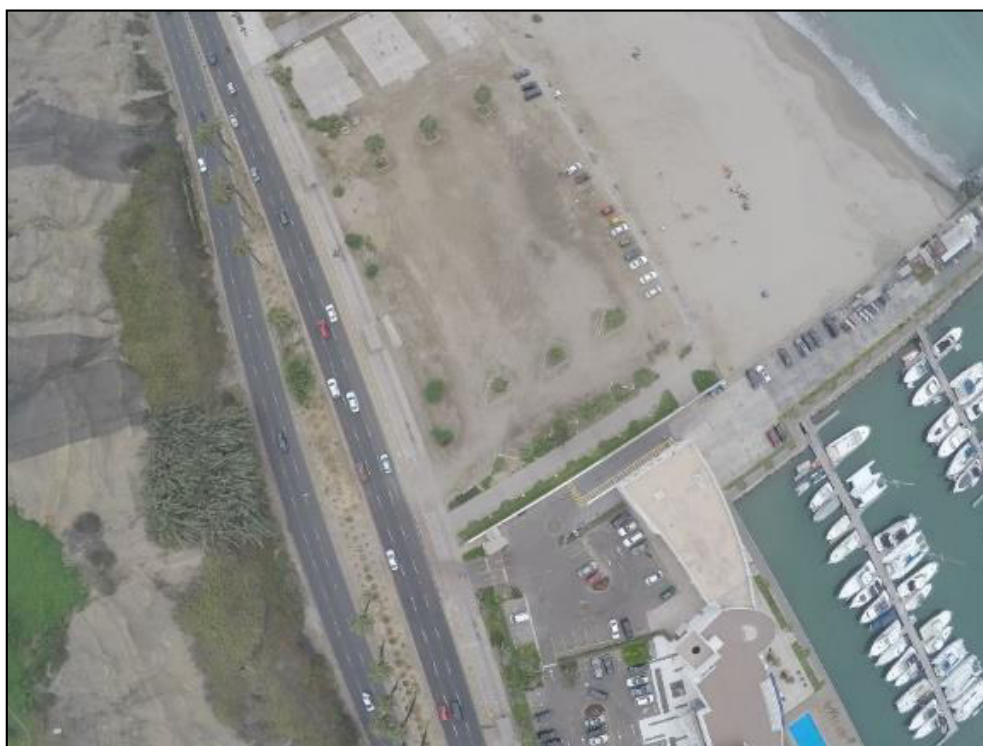
**Figura N° 40.**Apresiasi aproximada a 5mp dentro del recuadro amarillo.  
**Fuente:** Elaboración propia.





**Figura N° 41. Metadada de la imagen digital.**

**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura N° 42. Imagen con 5MP. 2015**

**Fuente: Elaboración propia.**

El efecto “Ojo de Pez” es característico de la cámara GoPro, es por ello que se debe realizar una configuración. No se puede modificar el lente propiamente dicho, el proceso que se realiza es configurar la abertura de exposición del sensor el cual debe ser menor, esto logra que no se visualice las distorsiones de los lados de la fotografía sin embargo esto conlleva a que la cobertura de captura se reduzca también a 5MP pero esto posibilita realizar las tomas aéreas correspondientes, minimizando la distorsión pero reduciendo el área de cobertura.

Se toma en cuenta como valores para cálculos fotogramétricos los siguientes empleando al cámara GoPro Hero 4 en configuración de 5MP.

Distancia focal = 3mm

Tamaño del pixel sensor = 2.02812  $\mu$ m

Cantidad de pixeles horizontales =cph = 2560

Cantidad de pixeles verticales =cpv=1920

#### 4.1.1. DETERMINAR EL GSD<sup>14</sup>

##### DIMENSIONAMIENTO DEL SENSOR A 5MP

Se debe de indicar que el sensor con sus 12MP, presenta una dimensión en el sensor de 4.29mm X 5.76mm .

***dsph =Dimensión Pixel Horizontal***

*dsph=(pixeles horizontales) X (tamaño del pixel)*

*dsph=(2520) X (2.02812 $\mu$ m) = 5.19mm*

***dspv =Dimensión Pixel Vertical***

*dsph=( pixeles verticales) X (tamaño del pixel)*

*dsph=(1920) X( 2.02812 $\mu$ m) = 3.89mm*

#### 4.1.2. CÁLCULO DE GSD EN RELACIÓN A LOS 5MP

Para efectos de este cálculo teórico se considera que la toma fotográfica se realiza en paralelo al horizonte, despreciando los ángulos que pueda existir en relación al plano de este.

##### VARIABLES DE CÁLCULO

*f* = distancia focal

*H* = altura de vuelo

*dpsh* = dimensión pixel sensor horizontal

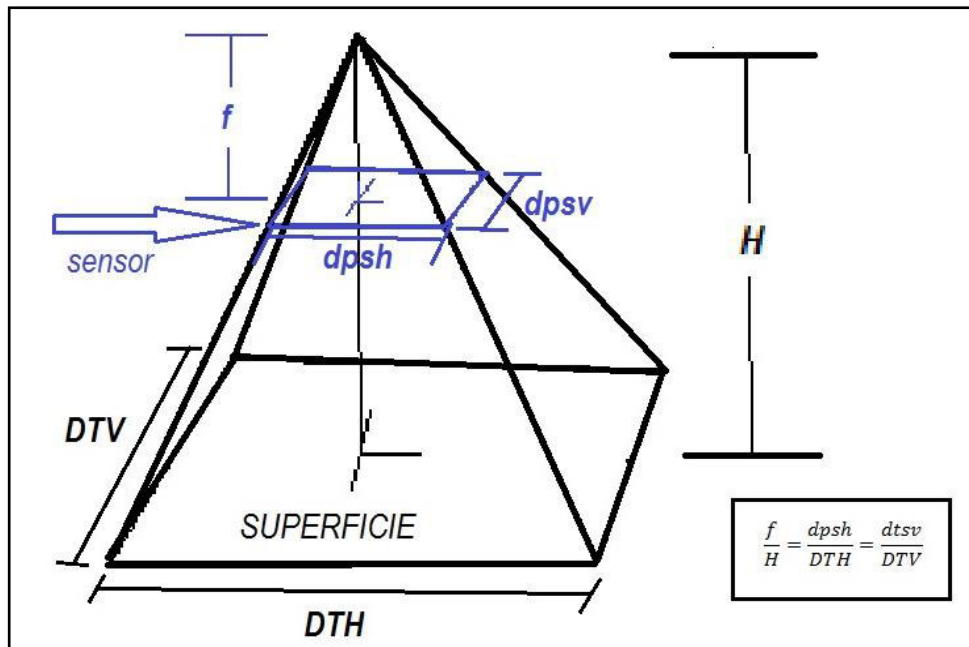
*dpsv* = dimensión pixel sensor vertical

*DTV* = Distancia Terreno Vertical

*DTH* = Distancia Terreno Horizontal

---

<sup>14</sup> GSD es la medida que representa el pixel en el terreno



**Figura N° 43. Relación geométrica entre el sensor y la superficie terrestre.**  
**Relación en condiciones teórica estándar.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

En base a los cálculos de las variables empleadas en la determinación del GSD se resume en la siguiente ecuación. Ver Figura N° 43.

$$\frac{f}{H} = \frac{dpsh}{DTH} = \frac{dpsv}{DTV}$$

$$GSDh = \frac{(dpsh)(H)}{(N^{\circ} \text{ PIXEL HORIZONTAL})(f)} \text{ (a); } GSDv = \frac{(dpsv)(H)}{(N^{\circ} \text{ PIXEL VERTICAL})(f)} \text{ (b)}$$

Manteniendo el criterio de proporcionalidad se puede estimar el GSD en relación a las dimensiones del sensor, altura de vuelo, número de megapíxeles y la distancia focal.

Esta fórmula indica que considerando un mismo sensor con a mayor altura el GSD se incrementa y a una menor altura el GSD disminuye.

### COMPROBACIÓN DE LA ESTIMACIÓN DEL GSD TEÓRICO

Estimando una altura de vuelo de 100m en referencia al nivel de despegue del dron se tiene lo siguiente

$$GSDh = \frac{(5.19mm)(100m)}{(2560)(3mm)} = 0.068m$$

$$GSDv = \frac{(3.89mm)(100m)}{(1920)(3mm)} = 0.068m$$

$$GSD = \frac{GSDh + GSDv}{2}$$

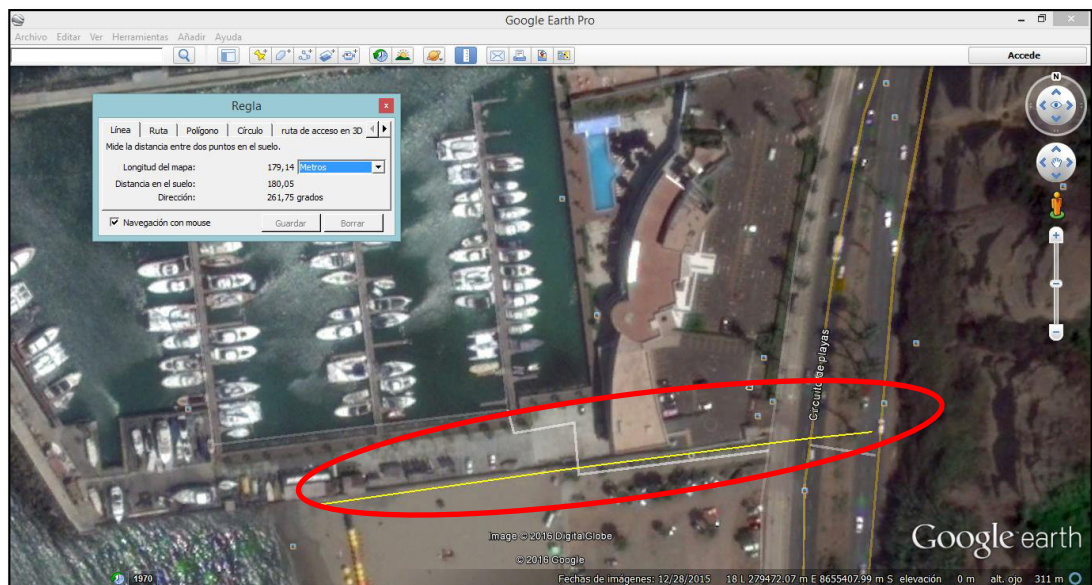
$$GSD = 0.068 \text{ m/pix}$$

### 4.1.3. CÁLCULO EXPERIMENTAL-TEÓRICO

Con imágenes aéreas a distintas alturas (Figura N° 44) y en comparación con la distancia obtenida con mediciones (Figura N° 45) de Google Earth se obtiene parámetros aproximados para el cálculo del GSD.



**Figura N° 44.**Imagen aérea a 100 metros de altura en referencia al área de despegue.2015.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura N° 45.**Medición horizontal en Google Earth en contraste a la distancia en imagen aérea del dron.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 11. Relación entre altura de vuelo y su representación lineal en el terreno.**

ALTURA APROXIMADA DE TOMA	DISTANCIA HORIZONTAL DEL TERRENO EN LA FOTOGRAFÍA	DISTANCIA VERTICAL DEL TERRENO EN LA FOTOGRAFÍA
50m	90m	70m
75m	140m	90m
100m	180m	140m
125m	230m	150m
150m	280m	200m

**Fuente: Elaboración propia.**

La relación existente se da entre la distancia en tierra con Google Earth y el número de píxeles.

$$GSD(h, v) = \frac{\text{distancia terreno}}{\text{numero de pixeles en terreno}}$$

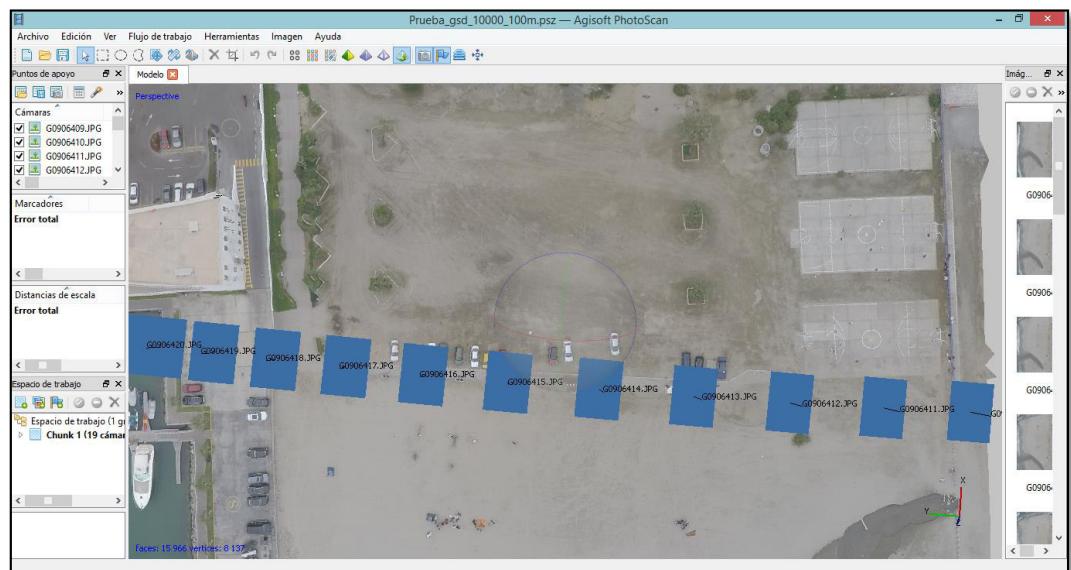
$$Xp = \frac{dth}{cph} = \frac{180m}{2560} = 0.070 \text{ m}$$

$$Yp = \frac{dtv}{cpv} = \frac{140m}{1920} = 0.073 \text{ m}$$

$$GSD = ESTIMADO EXPERIMENTAL = 0.072 \text{ m/pix}$$

#### 4.1.4. CÁLCULO EXPERIMENTAL

Se realiza líneas de vuelo a distintas alturas y generan ortofotos no controladas con software Agisoft como se visualiza en la Figura N° 46.



**Figura N° 46. Procesamiento de ortofoto para la determinación de GSD a 100m de Altura.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Se realiza el mismo procedimiento a distintas alturas para realizar comparaciones. Ver Cuadro N° 5.

**Cuadro N° 5. Relación en altura de vuelo y GSD obtenido.**

ALTURA DE VUELO	NUMERO DE IMÁGENES EMPLEADAS	GSD OBTENIDO MEDIANTE PROCESO DIGITAL
50m	13	0.0271825 m/pix
75m	24	0.0405772 m/pix
<b>100m</b>	<b>19</b>	<b>0.0546751 m/pix</b>
125m	20	0.0720298 m/pix
150m	13	0.0757206 m/pix

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.1.5. RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS

Estimación más próxima al GSD. Ver Tabla N° 12.

**Tabla N° 12. Comparación de los métodos para determinar GSD**

CÁLCULO DE GSD A 100M DE ALTURA		
MÉTODO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
CÁLCULO	$GSDh = \frac{(dps_h)(H)}{(N^\circ \text{ PIXEL HORIZONTAL})(f)}$ $GSDv = \frac{(dps_v)(H)}{(N^\circ \text{ PIXEL VERTICAL})(f)}$ $GSD(h, v) = \frac{dps_h + dps_v}{2}$	0.068 m/pix
CÁLCULO EXPERIMENTAL	$GSD(h, v) = \frac{DISTANCIA \text{ TERRENO}}{N^\circ \text{ PÍXELES HORIZONTAL}}$	0.072 m/pix
EXPERIMENTAL	VUELOS-PROCESADO SOFTWARE	0.055 m/pix

**Fuente: Elaboración propia.**

Debido a la presencia de infraestructura y relieve, el cálculo experimental considera dicho valores para dar el GSD final, alterando en cierta medida su valor sobre el nivel medio del terreno a sobrevolar.

La variación entre métodos es de centímetros lo cual posibilita emplear el método de cálculo para la determinación de los parámetros de vuelo como la altura de vuelo aproximado.



## **CAPITULO V**

### **5. ORTOFOTOMAPA A ESCALA 1:1000 DE LAS PLAYAS DEL DISTRITO DE BARRANCO**

#### **5.1. PLAN DE VUELO**

##### **5.1.1. CONSIDERACIONES PREVIA AL VUELO DRON**

##### **CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA ZONA DE VUELO**

Con apoyo de imágenes satelitales gratuitas, se puede realizar una primera inspección e identificar las zonas accesibles para las zonas de despegue y aterrizaje en las áreas de estacionamiento, de igual manera la ubicación de los puntos de control más probables.

##### **DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO GEOGRÁFICO DEL DISTRITO DE BARRANCO**

###### **UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El Distrito de Barranco, se encuentra ubicado en la Región de Lima, departamento de Lima, considerado en la zona geográfica costera por estar al lado del mar, se encuentra localizado en las siguientes coordenadas geográficas: 12°08'30" de latitud sur y a 77°01'00" de longitud oeste. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

###### **EXTENSIÓN**

El Distrito de Barranco tiene una extensión de 3.3 Km<sup>2</sup>. El distrito fue creado mediante Ley s/n del 26 de octubre de 1874, en el gobierno de Manuel Pardo y Lavalle. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

###### **LIMITES**

Por el norte con el distrito de Miraflores, por el este con el distrito de Surco, por el sur con el distrito de Chorrillos con el oeste con el océano pacífico. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

###### **POBLACIÓN**

Según el Censo de Población del 2007, el Distrito de Barranco tiene una población de 33.903 habitantes, para lo cual se generó una densidad poblacional de 10,181.08 hab./km<sup>2</sup>. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

###### **CLIMA**

Las características climáticas del distrito de Barranco son comunes a la zona costera de la parte Central del país, presentando escasas precipitaciones a lo largo del año, alcanzando valores entre 5 y 10 mm de precipitación total anual. El área presenta un clima subtropical, fresco, desértico y húmedo a la vez. La temperatura media mensual promedio es de 20.5°C. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

### **TEMPERATURA**

La temperatura media anual es de 18°C. La temperatura máxima en los meses de verano puede llegar a los 30° grados y en la época de invierno la temperatura es de 12°C. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

### **HUMEDAD RELATIVA**

La costa es húmeda, entre junio y agosto alcanza una humedad relativa de 98%, sin lluvias. Este fenómeno se debe a la presencia de aguas frías en el océano, conocidas como la corriente de Humboldt, que origina una niebla costera y una leve garúa. Humedad variable entre 80 y 90%, se puede decir que Barranco tiene alrededor de 8 meses de verano que va de Setiembre a Mayo verano y los meses de Junio, Julio y Agosto es donde se siente con mayor intensidad el invierno. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

### **VIENTOS**

El viento reinante en nuestra costa es el alisio que por lo regular tiene dirección S., SE. Y SE., cuyo origen se atribuye a los efectos que se producen en la zona de alta presión del Pacífico Sur. Nuestra costa también está expuesta a vientos locales conocidos como la "virazón" y el "terral", que en realidad son brisas de valores significativos que periódicamente cambian de dirección. Durante el día la brisa corre del mar hacia tierra, o sea de las zonas más frías a las más calientes, es decir de mayor presión a la menor; es la virazón que se hace sentir a partir de las 11 de la mañana y declina al atardecer. En estos atardeceres los desniveles de temperatura se invierten y el mar resulta más frío que la corteza terrestre de la costa, dando origen entonces al terral o brisa nocturna que sopla de tierra hacia el mar. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

### **SUELO**

El suelo del Distrito de Barranco es de material de grano grueso (grava) presenta escasa discontinuidad en su clasificación a lo largo del tramo estudiado. Presenta espesores de grava como estratos de material homogéneo, el cual conforma alrededor del 90% del talud, el resto es conformado por lentes de material fino. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).

### **FISIOGRAFÍA Y RELIEVE**

El área Urbana del distrito de Barranco, está emplazado en el borde litoral costero. El borde del litoral está conformado por acantilados formados debido a la intensa acción erosiva del oleaje marino. (Municipalidad Distrital de Barranco, 2012).



## CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DEL DRON

Se empleó el Phantom 2 v2 con una cámara GoPro y alcance de 1km en referencia a la zona de despegue, con un sistema semiautónomo y la posibilidad de programar rutas de vuelo

## FACTIBILIDAD DE VUELO (Riesgo)

Se debe tomar precaución del siguiente elemento en el desarrollo del vuelo empleando la plataforma indicada.

- La vía rápida “Costa verde” implica realizar la zona de despegue y aterrizaje alejados de la avenida que puedan estar dentro del margen de error de posicionamiento del GPS.



**Figura N° 47. Vía costa verde. 2015.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

- Existe la actividad de parapente en el distrito continuo sin embargo este se programa por horas definidas las cuales se tomaron en cuenta para el desarrollo del vuelo.



**Figura N° 48. Visualización de parapente cerca al Barranco. 2015.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

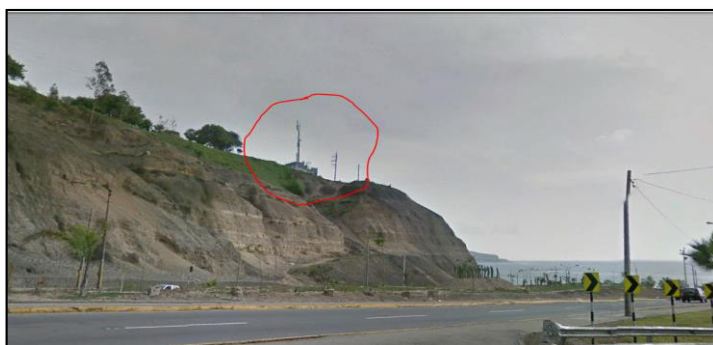
- La presencia de una antena por la Bajada Armendáris - Costa Verde indica realizar un vuelo alejado de esta zona para no generar alguna alteración magnética al dron.



**Figura N° 49. Presencia de construcciones en el Barranco. 2015.**

**Fuente: Elaboración propia.**

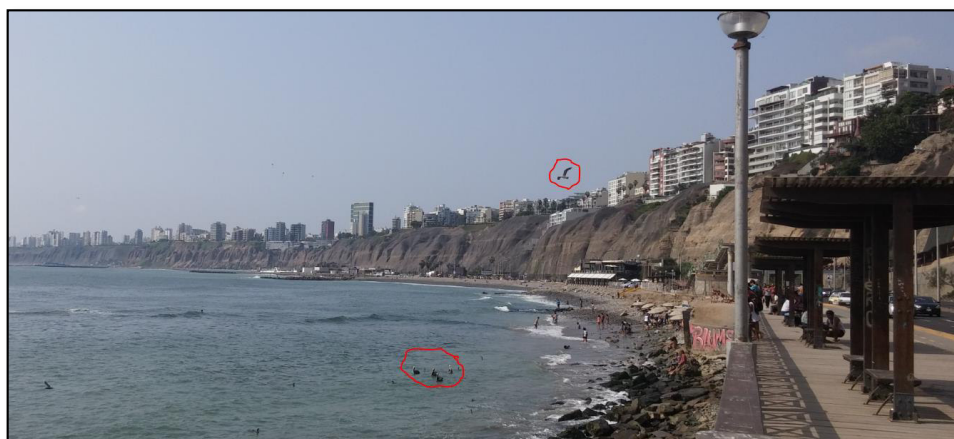
- Existen edificaciones en barranco las cuales en este caso se toman en cuenta para volar sobre ellos y no generar alguna colisión.



**Figura N° 50. Presencia de antenas en ámbitos del desarrollo de vuelo. 2015.**

**Fuente: Elaboración propia.**

- En referencia a la presencia de aves, el día del vuelo se estima una hora donde estas sean mínimas en base a observaciones.



**Figura N° 51. Presencia de aves en el ecosistema. 2015.**

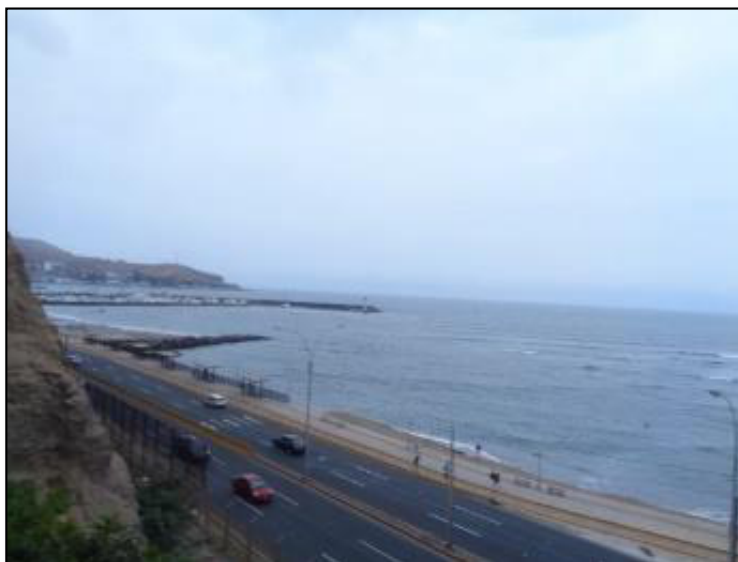
**Fuente: Elaboración propia.**

Se evidencia elementos y actividades de riesgo sin embargo tomando las previsiones correspondientes se posibilita la realización del vuelo con el Phantom 2 v2.

### **5.1.2. ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO DEL PROYECTO**

#### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

El circuito de playas Costa Verde se caracteriza principalmente porque permite el paso rápido de vehículos, y además es conocido por ser una zona de recreamiento. En donde dichas playas empedradas o de arena son de estrecha extensión debido a la presencia del barranco que actúa como un límite natural. Durante los últimos años también está siendo objeto de proyectos inmobiliarios, turísticos y recreacionales. Todo desarrollo de proyectos requiere de una representación cartográfica, el cual debe presentar como característica una rápida disponibilidad, con las precisiones adecuadas buscando emplear un costo bajo de producción. Esta información contribuye directamente a accionares de seguimiento de obras, planificación urbana, estudios de línea base, demarcación territorial, análisis multitemporal, entre otras necesidades y aplicaciones.



**Figura N° 52. Visualización del corredor vial costa verde en la playa Barranco.2015.**

**Fuente: Elaboración propia.**

#### **Meteorología**

La presencia de viento está vinculada a las brisas marinas que conforme, sin embargo determinar que las horas apropiadas para el vuelo son de 10 horas hasta las 14 horas es de suma importancia verificar dichas condiciones meteorológicas para la ejecución del vuelo mediante un prevuelo o un medidor de viento. Debido a la brisa marina no se aprecia nubosidad a la altura estimada de vuelo con dron.

## Accesibilidad

La accesibilidad es por el circuito de playas y debido a la existencia de zonas de esparcimiento estos contribuyen a identificar las zonas de estacionamiento como tentativas áreas de planificación y control de vuelo.

## SELECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE VUELO

La extensión de las 6 playas de Barranco, de norte a sur son Playas las Sombrillas, Playa los Yuyos, Playa Barranco, Playa Los Pavos, Playa Barranquito y Playa Las Cascadas. Este conjunto de playas hacen una totalidad de aproximadamente de 2km de longitud, y una variación entre la rompiente y el Barranco de 150 a 200 metros de ancho, considerando las pistas.



**Figura N° 53. Visualización de las playas del distrito de Barranco en la plataforma virtual Google Earth.**

**Fuente: Elaboración propia.**

La pendiente en la zona es de poco variable debido a la erosión y sedimentación propia de la playa, sin embargo hay componentes no naturales como edificaciones, árboles que se debe de considerar en la planificación del vuelo.

Se determina 3 vuelos para cubrir la zona de estudio. Figura N° 54.



**Figura N° 54. Sub división de las zonas de vuelo (2 playas por vuelo).**

**Fuente: Elaboración propia.**



## ESCALA DE TRABAJO A CONSIDERAR

Se considera para este tipo de trabajo una escala de 1:1000 el cual es una escala estándar para trabajos de catastro, actualización cartográfica, inspección entre otros. En el cual se identifican elementos como, buzones, postes, áreas verdes, bancas, aceras, pistas u otros elementos los cuales permitan apreciarse con un GSD de 10cm los cuales se detectara elementos de 20cm. Usando el griterío de graficismo a una escala de 1:1000 le corresponde de 20 cm y está ligado al criterio de exactitud.

### 5.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FOTOGRAMÉTRICAS

#### CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN

Al emplear una cámara GoPro se debe de considerar la siguiente característica:

La presencia del lente genera una deformación en gran angular o “Ojo de Pez”, es por ello que no permite emplear toda su capacidad de 12MP. Sin embargo para utilizarlo en la generación de ortofotos, la configuración puede ser modificada a 5MP, en donde se reduce porcentualmente la deformación. Una distancia focal de 3mm permite configurar y planificar los parámetros necesarios para los vuelos programados, esta cámara tiene un temporizador cuya función se puede programar para tomas seguidas con intervalo de 0.5 s, 1 s, 2 s, 5s y 10 s. Ver Figura N° 55.

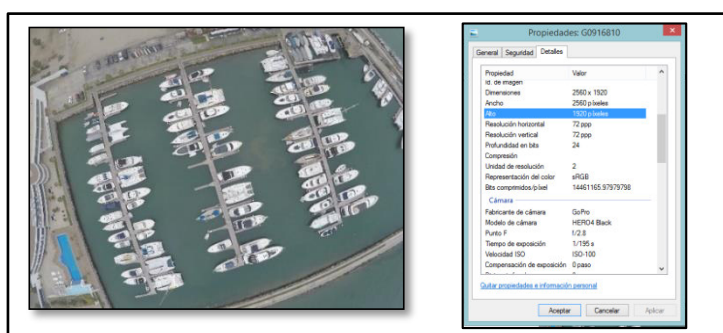


Figura N° 55. A la izquierda imagen dron aérea vertical y a la derecha metadata de la imagen.

Fuente: Elaboración propia.

Resumen de la Caracterización de la GoPro.

Ver Tabla N°13.

Tabla N° 13. Característica GoPro.

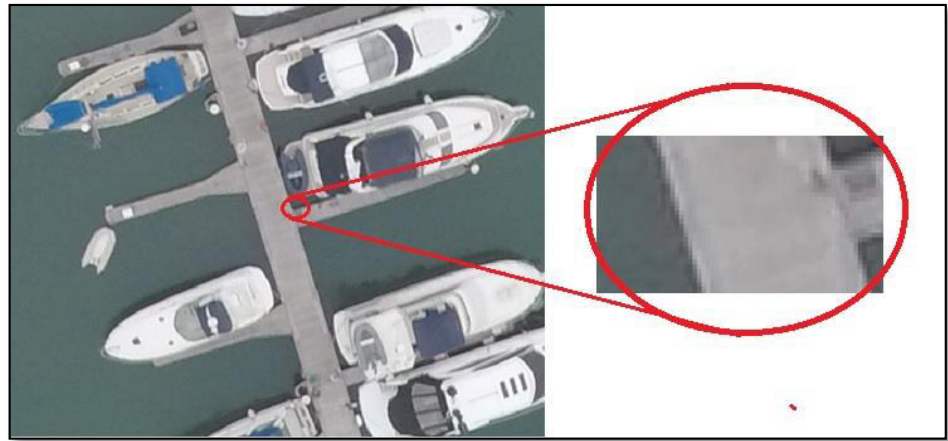
CARACTERÍSTICA DE LA GOPRO HERO 4 BLACK			
DISTANCIA FOCAL	3mm	Cantidad de pixeles horizontales (5mp)	2560 pixeles
TAMAÑO DE PIXEL EN EL SENSOR	2.028um	Cantidad de pixeles verticales (5mp)	1920 pixeles
TAMAÑO DEL SENSOR VIRTUALIZADO			
Horizontal	5.19mm		
Vertical	3.89mm		

Fuente: Elaboración propia.

## CÁLCULO DE PARÁMETROS FOTOGRAMÉTRICOS

### GSD

En este caso en donde se desea obtener una escala cartográfica digital de 1:1000, se considera según las normas técnicas del IGN un GSD promedio menor a los 10cm. Ver Figura N° 56.



**Figura N° 56. Discriminación de elementos mediante la realización de un zoom virtual.**

**Fuente: Elaboración propia.**

### ALTURA DE VUELO

En base al GSD que se desea obtener y con las características técnicas de la cámara GoPro se resuelve lo siguiente:

*GSD<sub>H</sub>*: Representación del pixel horizontal en el terreno.

*GSD<sub>V</sub>*: Representación del pixel horizontal en el terreno.

*dps<sub>H</sub>*: Dimensión pixel del sensor en horizontal. (Milímetros)

*dps<sub>V</sub>*: Dimensión pixel del sensor en vertical. (Milímetros)

*H*: Altura de vuelo programa en referencia al área de despegue. (Metros)

*nph*: Numero de pixeles horizontales.

*npv*: Numero de pixeles verticales.

$$GSD_H = \frac{(dsh)(H)}{(f)(nph)} \quad (a) \quad ; \quad GSD_V = \frac{(dpsv)(H)}{(f)(npv)} \quad \dots (b)$$

En relación a H de la ecuación (a) se determina la altura máxima de vuelo aproximada para obtener un GSD de 10cm

$$H = \frac{(GSD)(npv) \cdot (f)}{(dpsv)}$$

$$H = \frac{(0.1m)(1920)(3mm)}{(3.89mm)} = 148.072m$$

En base a pruebas y realizadas con el dron, el vuelo se realizó a 100m debido a la visualización.

Con un vuelo de 100m se realiza nuevamente el cálculo y se estima un GSD de trabajo para los cálculos posteriores.

$$GSD_v = \frac{(3.89mm)(100m)}{(3mm)(1920)} = 0.068m$$

El valor de 0.0675m se emplea para cálculos fotogramétricos.

Se debe de considerar que con un mismo sensor, a mayor altura se obtendrá un mayor detalle y a una menor altura un mayor detalle.

### TRASLAPE LONGITUDINAL

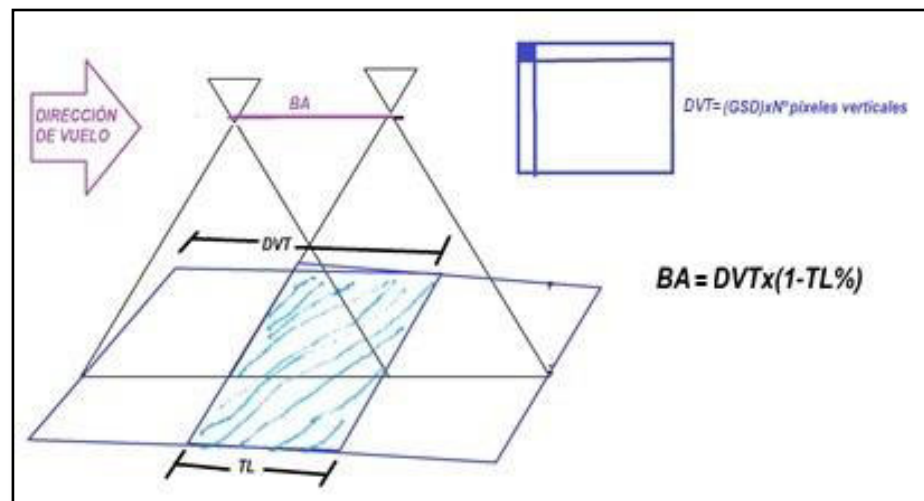


Figura N° 57. Cálculo de la distancia entre toma y toma en una misma toma de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.

**En base al GSD calculado se estima lo siguiente.**

La cobertura vertical será de  $1920 \times 0.068 = 130.56$  m aproximadamente por fotografía

*TL: Traslape Longitudinal*

*DVT: Distancia Vertical del Terreno en la fotografía.*

*BA: Base en el Aire. Ver Figura N° 57.*

$$BA = DVT (1 - TL\%)$$

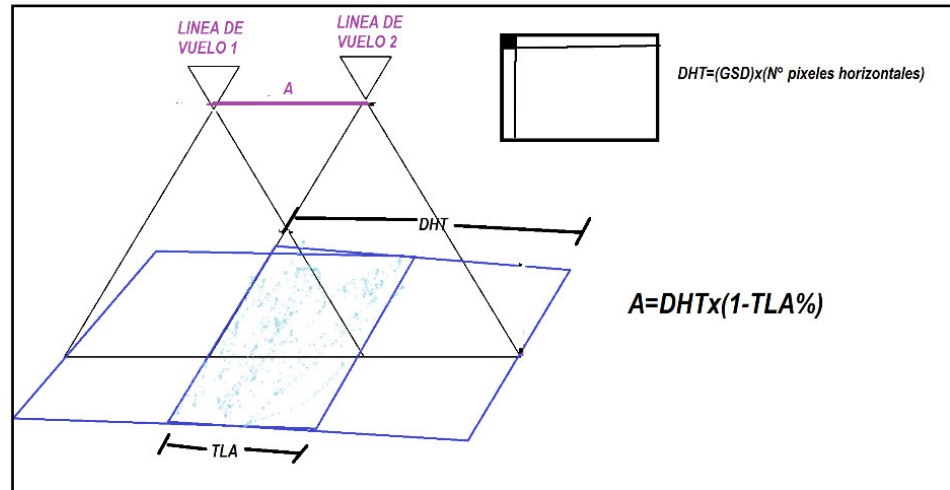
$$BA = 130.56 * (1 - 60\%)$$

$$52.22m$$

Para este caso se debe establecer que la toma fotográfica se realice cada 52 metros como mínimo si se requiere un mayor traslape la base en el aire debe de ser menor a los 52.22m.

Existe una vinculación entre la captura de imágenes y la velocidad de la plataforma dron. Se considerará una velocidad promedio 10m/s, es decir la toma de fotografías cada 5 segundos, despreciando la influencia de las corrientes del aire.

#### TRASLAPE LATERAL



**Figura N° 58.** Cálculo entre distancia de las líneas de vuelo.  
Fuente: Elaboración propia.

#### DISTANCIA ENTRE LÍNEAS DE VUELO

En base al GSD calculado se estima lo siguiente,  
La cobertura será de  $2560 \times 0.068\text{m} = 174.08 \text{ m}$  aproximadamente por fotografía

*TLA: Traslape Lateral*

*DHT: Distancia Horizontal del Terreno en la fotografía.*

*A: Distancia entre Líneas. Ver Figura N° 58.*

$$A = TLA(1 - TLA\%)$$

$$A = 174.08 * (1 - 30\%)$$

$$121.86\text{m}$$

Esto quiere decir que la distancia máxima de separación entre líneas de vuelo es de 122 metros.

El traslape lateral entre líneas debe ser de mayor al 30% debido a que el área de trabajo presenta una gran longitud y es estrecha, como se caracteriza la vía costa verde.

#### TIEMPO DE CAPTURA

En base a los cálculos estimados, el traslape longitudinal corresponde un mínimo de 60% es decir la toma de datos debe realizarse cada 5 segundos aproximadamente manteniendo una velocidad constante de 10m/s.



Debido a que la configuración de la cámara permite obtener información cada segundo, se podrá tomar esta referencia para obtener un mayor traslape.

#### NUMERO DE FOTOGRAFÍAS POR LÍNEA DE VUELO

Se realiza 3 vuelos para toda el área de trabajo se considera lo siguiente:

*NFLV=Numero de fotografías por línea de vuelo*

*$NFLV=(LONGITUD /BASE) +4$*

#### GEOREFERENCIACIÓN DE IMÁGENES

En base al proceso de sincronización se debe de obtener un archivo de TXT en relación a las etiquetas de las imágenes.

El empleo de un Flytrex permite obtener el registro de coordenadas del recorrido del dron, es por ello que permitirá obtener las coordenadas de manera indirecta mediante un proceso de sincronización.

La precisión del Flytrex en relación a la experimentación indica una precisión de un GPS navegador aproximadamente menor a los 5 metros en planimetría y se considera un ajuste en altimetría, como se indica en el ANEXO 1. Lo cual es apropiado para su georeferenciación de las fotografías.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA DRON

La plataforma dron a emplear es de un Phantom 2 v2 .

##### - AUTONOMÍA

Si se considera solo la plataforma dron, esta presenta una autonomía de 20 minutos, con una batería nueva, con presencia de vientos calmados. Cuando se adhiere componentes para la fotogrametría la autonomía desciende a un aproximado de 12 minutos por vuelo desde el despegue hasta su aterrizaje.



**Figura N° 59.**Componentes adheridos al dron disminuyen su autonomía en el vuelo.

**Fuente.** Elaboración propia.

**- NUMERO DE VUELOS**

En base al alcance y las dimensiones que presenta la configuración de la playa se trabajó en la realización de 3 vuelos independientes con área de traslape entre vuelos, considerando una longitud de 700m a 800 m por vuelo que hace referencia a dos playas continuas.

**- ALCANCE LONGITUDINAL DEL DRON**

El alcance máximo horizontal que tiene el dron es de 1km. Sin embargo por efectos de seguridad el dron no debe de estar mayor a los 500 m debido a que es la distancia máxima de visualización entre el dron y el piloto, considerando una altura de 100 m sobre el nivel de despegue.

**- VELOCIDAD DE LA PLATAFORMA**

La programación del dron puede darse de lo 8 m/s a 15 m/s como indica las especificaciones técnicas del dron, en condiciones de calma en la atmósfera. Sin embargo para este caso se programa la velocidad constante de 10m/s para el desarrollo del vuelo.

**- TIEMPO DE VUELO**

Debido al a homogeneidad de los vuelos se considera la programación útil de 8 minutos de vuelo fotogramétricos 1.5 minuto para el despegue y 1.5 minutos para el descenso 1 minuto de contingencia

**- LÍNEAS DE VUELO**

Las 3 líneas de vuelo fueron consideradas de la siguiente manera:

## NUMERO DE LÍNEAS DE VUELO

Se considera que por toma se realizará una cobertura horizontal de 175 m.

$NLV = \text{ANCHO DEL TERRENO} / \text{LATERAL FOTOGRAFÍA} + 1$

Esta fórmula aplica al número de líneas como mínimo.

Se debe analizar por cada caso.

### Vuelo 1

Presenta un ancho aproximado de 200 m

4 líneas de vuelo para la playa y una adicional para la infraestructura Lima Marín Club.

### Vuelo 2

Presenta un ancho promedio de 100 m

Se estima 3 líneas de vuelo

### Vuelo 3

Presenta un promedio de ancho de 150 m

Se estima 4 líneas de vuelo para generar traslape lateral y presente uniformidad de reconstrucción digital en todo el área de trabajo.

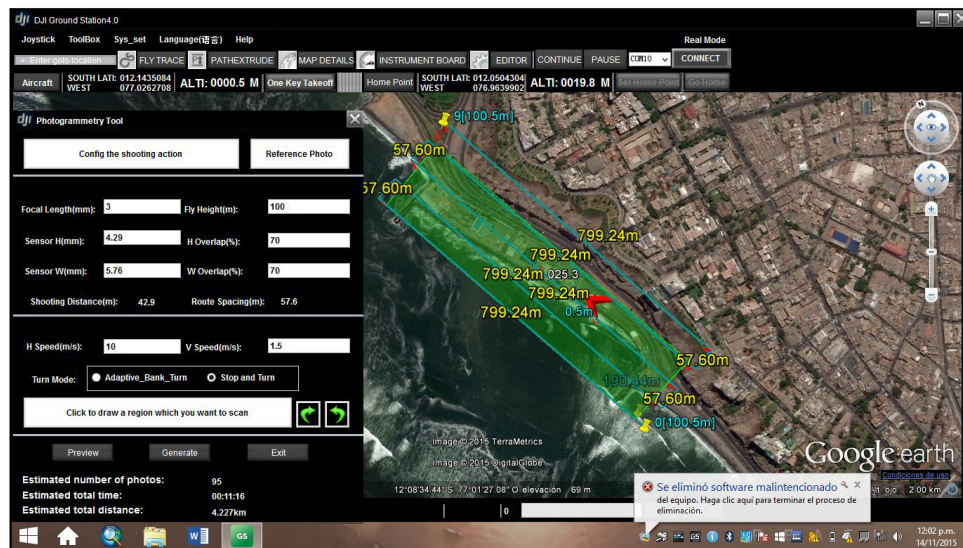


Figura N° 60. Planificación y programación de las rutas de vuelo para una zona de vuelo.  
Fuente: Elaboración propia.

## EL LÍMITE PARA DEFINIR LAS LÍNEAS DE VUELO ES LA SIGUIENTE.

Teniendo en cuenta una velocidad horizontal de 10m/s.

Una autonomía en el aire de vuelo de 8 minutos.

Tiene un recorrido de vuelo total de  $(10\text{m/s}) \times (7.5\text{min} \times 60) / 1000\text{m} = 4.5\text{km}$  de recorrido en las líneas de vuelo como máximo.

Se estima 3 líneas de vuelo en los vuelos 2 y 3 para generar traslape lateral y estos presenten uniformidad de reconstrucción digital en todo el área de trabajo a pesar de que la fórmula indica una aproximación de 2 líneas por vuelo.

## **CARACTERÍSTICAS DE PUNTOS DE CONTROL**

EN BASE A CONSTANTES GSD, ALTURA VUELO, TIEMPO DE VUELO, ALCANCE

### **- NUMERO DE PUNTOS DE CONTROL**

Para el control de la foto se considera un total de un mínimo de 10 puntos de control distribuidos uniformemente por vuelo, tomando como control una base de referencia de orden “C” y con posicionamiento con RTK.

Se distribuyeron los puntos de control tomando en cuenta la variación de pendiente entre la infraestructura y las playas, como las rocas presentes.

### **- PRECISIÓN**

Debido a que la identificación de los puntos de control es menor a los 10 cm pero mayor a los 5 cm, se puede considerar un posicionamiento de RTK, en modo cinemático lo cual genera un adecuado control.

El equipo empleado fue de un TOPCON, con una precisión centimétrica en modo RTK.

### **- IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS**

Se realizó marcas (Figura N° 61) para la identificación de los puntos de control necesarios para el ajuste. Se considera como elemento de importancia la discriminación de tonos y las dimensiones del GSD para el marcado y nivel de precisión estimada.



**Figura N° 61. Marca visual para brindar posición geográfica. 2015.  
Fuente: Elaboración propia.**

## 5.2. PRE VUELO

### 5.2.1. SEÑALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN DE ESTADO APROPIADO PARA EL VUELO DEL DRON

#### SEÑALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL

En base al cálculo efectuado, se debe colocar marcas con apreciación de objetos de 20cm debido a que el GSD será menor a los 10cm.

Se colocó identificador y señaló estratégicamente los puntos requeridos, empleando espray, intersección de avenidas o marcas ya constituidas.



Figura N° 62. Uso de elementos del entorno identificables para fotocontrol.  
Fuente: Elaboración propia.

## VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS APTOS PARA EL VUELO

### PLATAFORMA DRON

#### MOTORES

El presente multirotor tiene 4 motores

Dependiendo de la cantidad de motores que disponga, fueron verificados antes del despegue, de igual manera su correcto funcionamiento con las hélices

#### BATERÍAS

Se emplea baterías en óptimo estado y completamente cargada, en este caso se emplearon 4 baterías completamente adaptables de fábrica a la plataforma dron, 1 batería para realizar los prevuelo de 2 minutos, posteriormente las otras 3 baterías para cada vuelo realizado.

## **CALIBRACIÓN DEL DRON**

En este caso, se realiza una calibración al dron, realizando giros sobre sus ejes horizontal y vertical del dron, esto permite orientar la brújula y establecer una orientación apoyado con GPS.

## **SIN MOVIMIENTO POSICIONAR VEHÍCULO Y ENCENDER**

Este paso es un parte de un protocolo de seguridad que permite verificar el “HOME” que es un retorno al lugar de despegue ante problema de batería o falta de conexión en pleno vuelo. Es por ello que se debe de realizar este procedimiento cada vez que se realiza un vuelo, como protocolo de seguridad.

## **VUELO DE PRUEBA 3 MINUTOS**

Una vez calibrado y establecido su punto de retorno, se debe de realizar una prueba semi autónoma, manual, y asistida del dron, para comprobar su correcta funcionalidad y respuesta de los controles del dron. *Prueba de vuelos de semiautomático.*

## **CONTROL SISTEMA TIERRA**

En este caso, la programación de vuelo, se estableció empleando un computador TOSHIBA-Core i5 con software Ground Station y para la asistencia, se empleara el radio control, como medida de control ante cualquier variación del vuelo no programada.

## **ESTABILIZADOR – GIMBAL**

### **CALIBRACIÓN**

El Gimbal que se emplea es el Zenmuse, el cual es apropiado para la cámara GoPro y su estabilidad en el aire.

### **POSICIÓN PARALELA AL HORIZONTE**

Con el empleo de un computador y el radio control se calibra la posición horizontal invariable para el vuelo.

## **CÁMARA FOTOGRÁFICA**

### **PROGRAMAR EL INTERVALO DE CAPTURA DE IMÁGENES**

El tiempo de captura debe ser indicada en base a los parámetros indicados anteriormente como el traslape y el tiempo de exposición. Para este caso se estimó un tiempo mínimo de 5 segundos entre toma y toma para obtener un traslape mínimo de 60%. Se programó un traslape de 75%.

### **MEMORIA**

Para el cálculo lo mínimo necesario de memoria requerida se realiza un cálculo aproximado considerando 5 segundos por toma, el cual equivale a 2.5MB aproximadamente. Tiempo total de despegue, aterrizaje y vuelo es de 13 minutos

(esto debido a que la toma se realizar desde el momento que el dron realiza el despegue hasta su aterrizaje). Para un vuelo con imágenes de 5mpx lo requerido como mínimo es:

Peso Total en MB =  $(13\text{minutos} \times 60\text{segundos} \times 2.5\text{MB}) / (5\text{segundos} \times 1\text{minuto})$

Peso Total en MB=390 Mb

### **5.3. IMÁGENES AÉREAS**

#### **5.3.1. PLANEAMIENTO DE VUELO PROGRAMADO – PC**

Debido al avance de la tecnología hay plataformas digitales las cuales conectados vinculados al dron permiten obtener de manera cercana la programación del vuelo, en este estudio se empleó una laptop para interactuar con el dron utilizando el software Ground Station-DJI.

#### **INGRESO DE PARÁMETROS PARA EL VUELO**

##### **DISTANCIA FOCAL**

La distancia focal de la GoPro Hero 4 es de 3 mm.

##### **DIMENSIÓN DEL SENSOR**

En base a los cálculos realizados anteriormente se determina su dimensión en vertical y horizontal siendo estos.

3.89mm vertical y 5.19 mm en horizontal

##### **TRASLAPE LATERAL**

El cálculo indica un mínimo de 30%,

##### **TRASLAPE LONGITUDINAL**

Se considera un traslape mínimo de 60% entre toma y toma, se consideró un traslape de 75%.

##### **DISTANCIA MÁXIMA DE LÍNEA (1KM)**

Este parámetro consta como un criterio de seguridad al dron, en base a que su límite de comunicación será lo que permitirá retornar al dron en caso de emergencia. En este caso las líneas no sobrepasan los 800 m de comunicación directa.

##### **ALTURA DE VUELO.**

Se considera una altura de 100m sobre el nivel de despegue, verificando la homogeneidad del relieve, evitando alguna obstrucción como antenas, también en esta zona se realiza vuelos con parapentes, es por ello que se debe de verificar la seguridad y coordinación.



## 5.3.2. EJECUCIÓN DEL VUELO

### ELECCIÓN DE LUGAR DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE

Se determinó tres lugares de despegue y aterrizaje, la accesibilidad por la costa verde y en estacionamientos.

#### CAPTURA DE CÁMARA - MEMORIA

Se realiza la configuración de 5MP, para minimizar el efecto ojo de pez, de igual manera se programa la toma cada 5 segundos.

La cámara GoPro, no presenta coordenadas geográficas para el posicionamiento de la imagen.

Se emplea el posicionamiento de la plataforma dron para georeferenciar las imágenes aéreas mediante la sincronización.

#### DETERMINACIÓN DE HOME

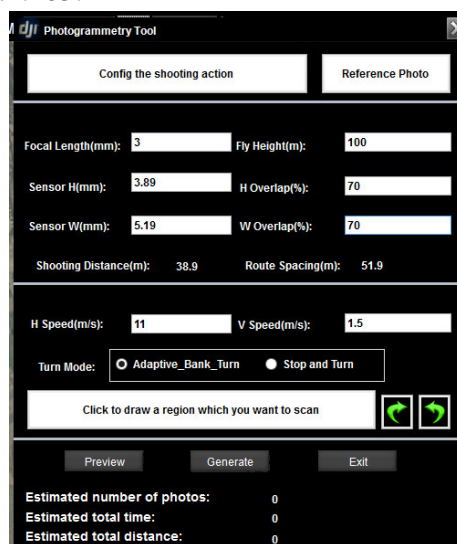
Se enciende como mínimo 3 minutos en la estación base para indicar y verificar el “home”.

Por seguridad una vez definido el área de despegue y aterrizaje, se realiza el encendido y apagado del dron para la recepción de señal GPS y el posicionamiento geográfico.

#### CARGAR AL DRON EL LA RUTA PROGRAMADA

La programación se realiza en la PC mediante los “Waypoints”, también considerando la ruta de despegue y aterrizaje. Esta programación de ruta se transmite al dron mediante el Datalink.

Una vez determinado los parámetros se debe de considerar la altura de vuelo como se muestra en la Figura N° 63.



The image shows the 'DJI Photogrammetry Tool' window. It has a dark theme with white text. At the top, there are two tabs: 'Config the shooting action' (selected) and 'Reference Photo'. Below the tabs, there are several input fields for configuring the flight: 'Focal Length(mm): 3', 'Fly Height(m): 100', 'Sensor H(mm): 3.89', 'H Overlap(%): 70', 'Sensor W(mm): 5.19', 'W Overlap(%): 70', 'Shooting Distance(m): 38.9', 'Route Spacing(m): 51.9', 'H Speed(m/s): 11', and 'V Speed(m/s): 1.5'. There is a 'Turn Mode' section with two radio buttons: 'Adaptive\_Bank\_Turn' (selected) and 'Stop and Turn'. Below this is a button labeled 'Click to draw a region which you want to scan' and two green arrow icons. At the bottom, there are three buttons: 'Preview', 'Generate', and 'Exit'. Below these buttons, there are three lines of text: 'Estimated number of photos: 0', 'Estimated total time: 0', and 'Estimated total distance: 0'.

Figura N° 63. Ingreso de parámetro de vuelo en el software para la programación de vuelo.

Fuente: Elaboración propia.



## CONTACTO VISUAL EN EL RECORRIDO PROGRAMADO EN EL RECORRIDO DE LAS LÍNEAS DE VUELO

Se identificó la posición del dron en todo momento

DESCENSO DEL DRON AL PUNTO DE DESPEGUE DE FORMA SEMIAUTOMÁTICA

El descenso debe ser controlado en todo momento por el piloto.

## EXTRACCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Extracción de la información básica obtenida de los dispositivos empleados son: coordenadas geográficas del vuelo y las imágenes aéreas verticales.

## FOTOS

Las fotos obtenidas por la GoPro están en un formato manejable como JPG el cual presentan como parte de su metadatos la hora de toma.

## INFORMACIÓN DE COORDENADAS

Las coordenadas de cada imagen provenientes del dron corresponden a coordenadas geográficas definidas en latitud y longitud.

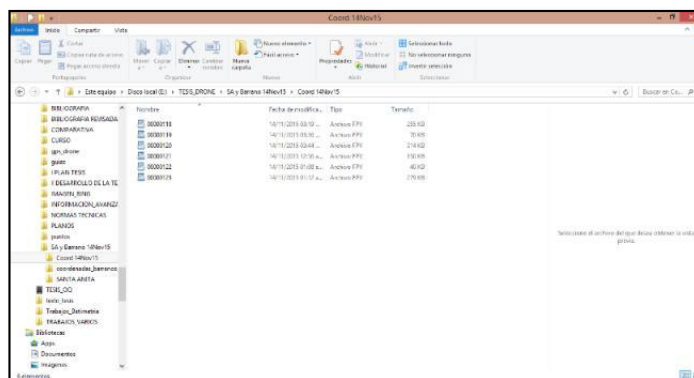
## GEOREFERENCIAR LAS IMÁGENES

### DEPURACIÓN DE LAS IMÁGENES CAPTURAS INCLUIR SOLO LAS IMÁGENES DE UTILIDAD DE LAS LÍNEAS Y EL ASCENSO Y DESCENSO

Se realizó un filtro de las imágenes, considerando las tomas que no presenten ruido alguno, verificación su correcta toma aérea y con un adecuado traslape.

### FILTRO DE SEÑAL GPS SEGÚN EL INTERVALO DE CAPTURA

Procedimiento para la obtención de coordenadas aproximadas del centro de perspectiva de las fotografías.



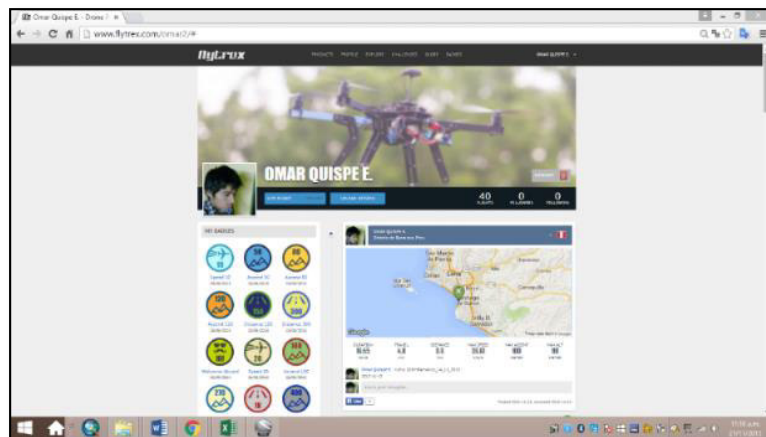
Nombre	Fecha de captura	Tipo	Tamaño
08081010	18/11/2015 08:10	Archivo PDF	233 KB
08081011	18/11/2015 08:11	Archivo PDF	18 KB
08081012	18/11/2015 08:12	Archivo PDF	214 KB
08081013	18/11/2015 08:13	Archivo PDF	18 KB
08081014	18/11/2015 08:14	Archivo PDF	45 KB
08081015	18/11/2015 08:15	Archivo PDF	175 KB

Figura N° 64. Registro de la posición geográfica del dron desde el encendido hasta el apagado del dron.

Fuente: Elaboración propia.

El formato de salida es FPV (Figura N° 64) el cual registra el trayecto de vuelo en todo momento del vuelo, que es propio de la empresa. Por ello se debe de cargar en la página y extraerlo en formato CVS, que puede ser manipulado en software Excel.

Una vez realizado el vuelo, se suben los datos a la página de Flytrex .



**Figura N° 65.** Página web permite publicar y visualizar el recorrido del dron.  
Fuente: Elaboración propia.

Los datos recogidos que se presentan son los siguientes:

Latitude longitude, altitude(feet), ascent(feet) speed(mph), distance(feet) , max\_altitude(feet), max\_ascent(feet), max\_speed(mph), max distance(feet), time(millisecond), datetime(utc), datetime(local), satellites pressure(Pa), temperature(F)

Creación de un archivo TXT indicando la posición este, norte y altura relacionada a los archivos de las imágenes

File Home Insert References Layout Send To Review View Developer Data Tools

GPX UTM mission 2015-14-01 (Excel format of mission of product)

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

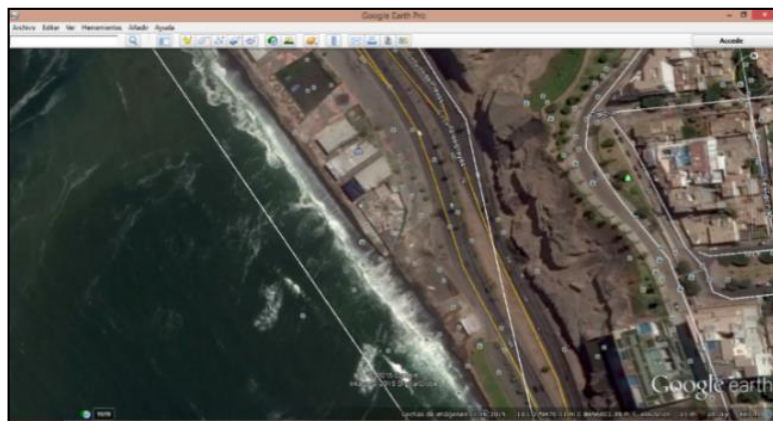
Formulas

Formulas

Formulas

Formulas

<



**Figura N° 67.**Verificación del recorrido de vuelo y altitud en plataforma virtual Google Earth.  
**Fuente:** Elaboración propia.

Se toma en cuenta la altura indicada en Google Earth, aunque se recomienda colocar la altura referencial con GPS (RTK) en los lugares de inicio de vuelo.

- Se verifica la lectura de satélites.
- La lectura de satélite es aproximadamente 0.25 segundos.
- Para efecto de cálculo se toma en cuenta cada 5 segundos para realizar la sincronización.

## 5.4. PROCESO SIN CONTROL

### INGRESO DE LAS FOTOS DEPURADAS

Se agrega las fotos de formato JPG por vuelo fotos a la plataforma PhotoScan.

De igual manera una vez agregado las fotografías se deben de agregar las coordenadas vinculadas a cada fotografía, estas coordenadas presentan como atributo sus posición geográfica tridimensional las cuales estarán en un block de notas.

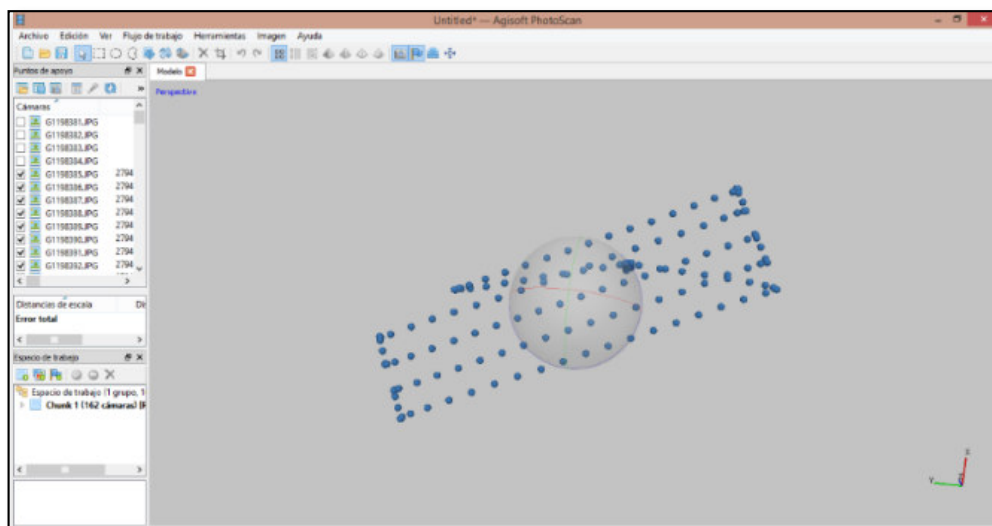


Figura N° 68. Representación de posición de la cámara en el vuelo.  
Fuente: Elaboración propia.

### ORIENTACIÓN FOTOS (Orientación Interior y Exterior)

En relación a los principios fotogramétricos, el software está vinculando **puntos homólogos** en relación al área de traslape, la geometría epipolar y las coordenadas aproximadas de la fotografía.

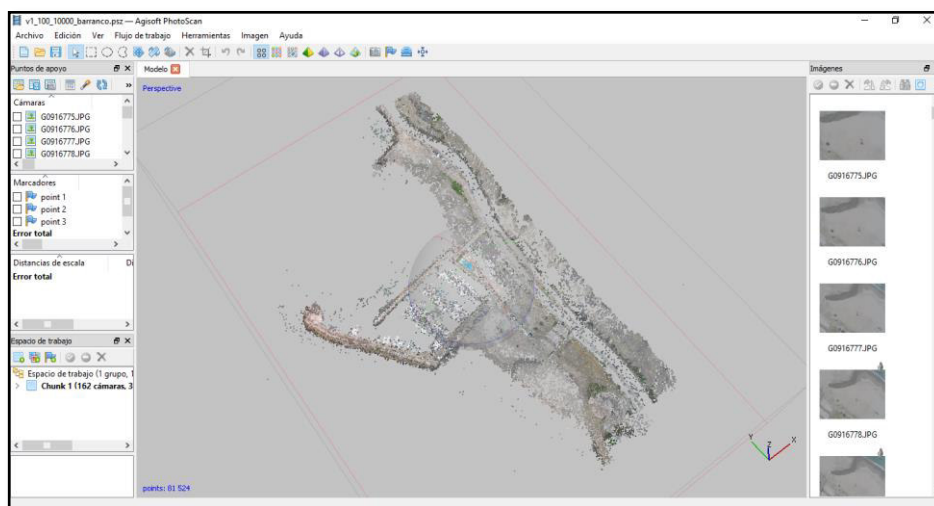
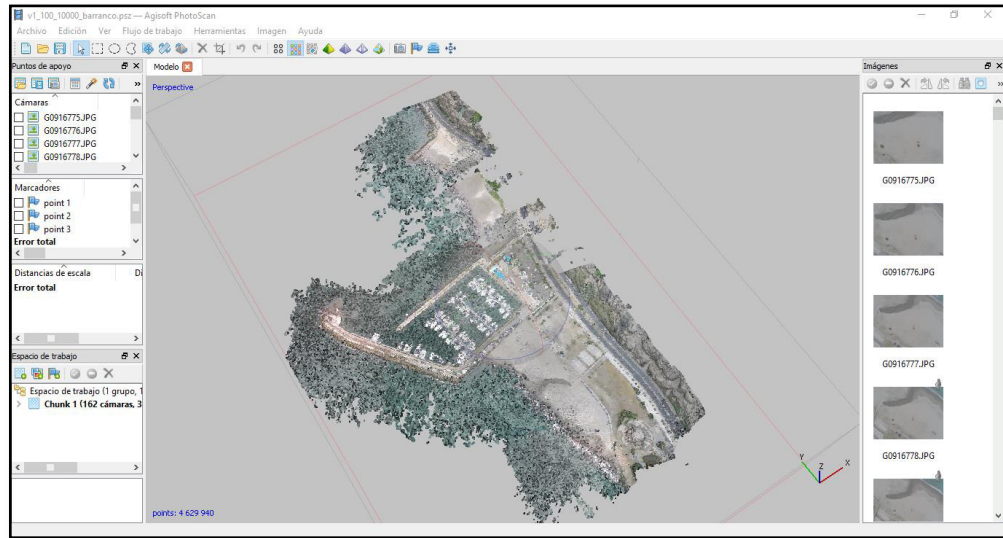


Figura N° 69. Generación de puntos para la elaboración de modelo tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia.

## CREACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA (Clasificación de Nube de Puntos)

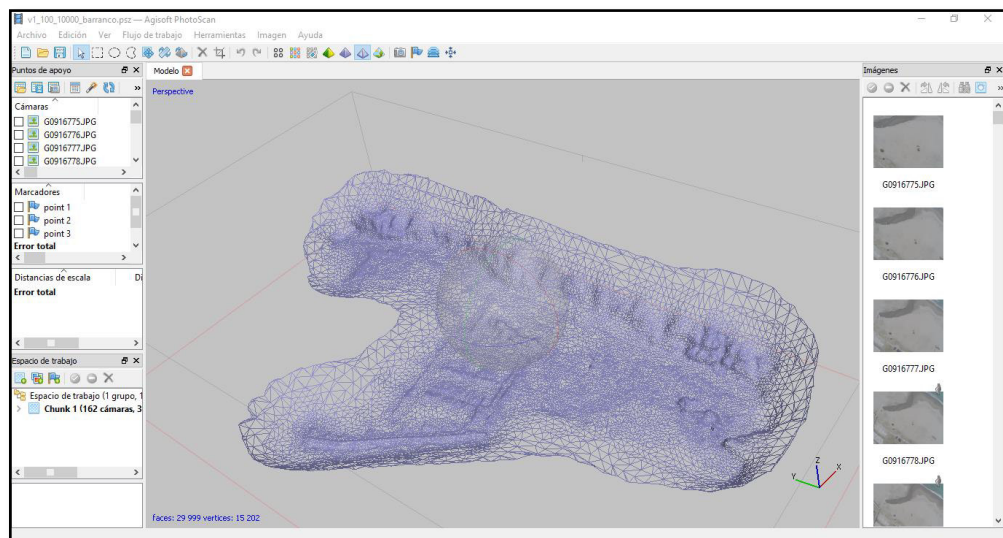
Una vez que se obtiene la estructura del alineamiento de las imágenes, en este proceso se realiza una clasificación de la nube de puntos obtenidos por los homólogos entre imágenes obteniendo una nube de puntos densa en relación al área de trabajo. Esta nube de puntos representa el modelo de la superficie.



**Figura N° 70. Clasificación de nube de puntos.**  
Fuente: Elaboración propia.

## CREACIÓN DE MALLA (Modelo Digital)

En base a los puntos obtenidos en los procesos anteriores se genera un enmallado de la superficie que asemeja a un modelo TIN<sup>15</sup>



**Figura N° 71. Creación de malla del modelo.**  
Fuente: Elaboración propia.

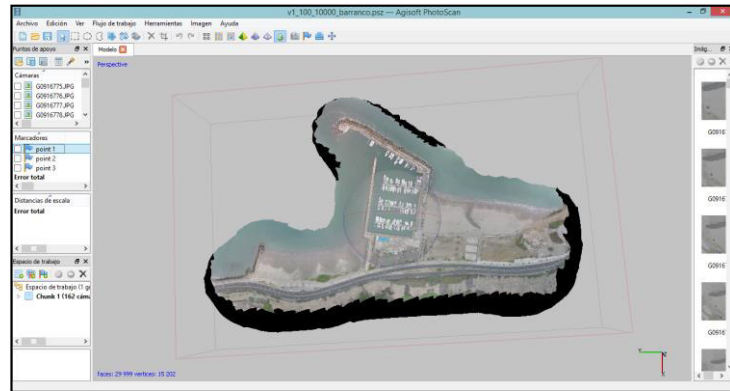
<sup>15</sup> Red de triángulos irregulares, es un modelos hibrido entre el ráster y el vectorial.



## CREACIÓN DE TEXTURA (Ortofoto No Controlada)

Teniendo como base la estructura del modelo digital de superficie se realiza el proceso de ortofoto generando un modelo tridimensional del área de trabajo.

En este caso el modelo presenta una variación al posicionamiento geográfico real similar al de un navegador, debido a que emplea coordenadas del dron para su proceso,



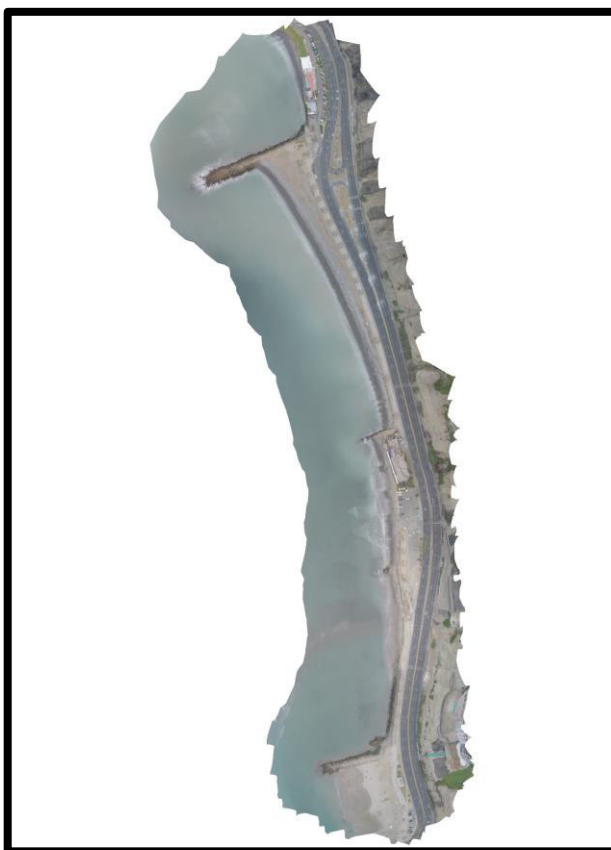
**Figura N° 72.**Representación de la ortofoto obtenida.  
**Fuente:** Elaboración propia.

## ORTOFOTOS NO CONTROLADAS

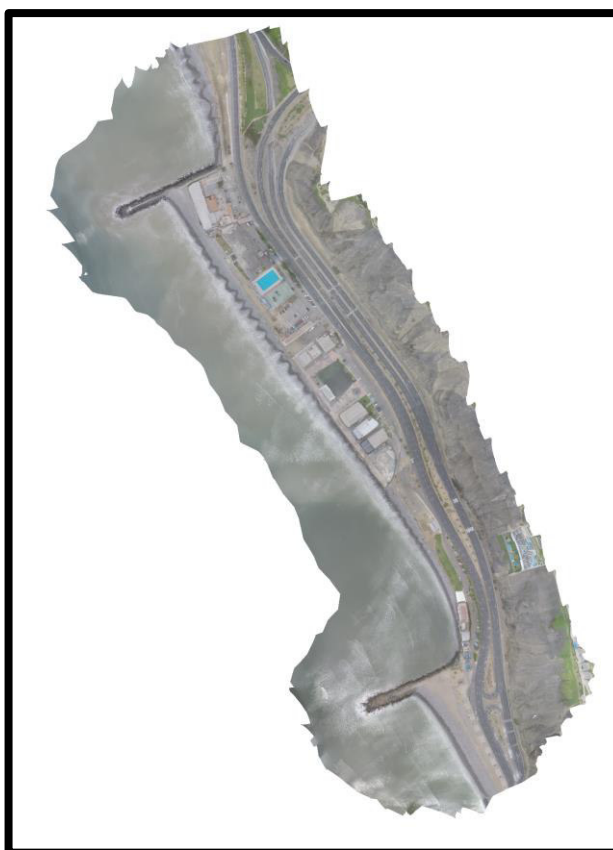
Representación de las ortofotos no controladas de los 3 distintos vuelos independientes. Ver Figura N° 73, Figura N° 74 y Figura N° 75.



**Figura N° 73.**Ortofoto no controlada-vuelo 1.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura N° 74.**Ortofoto no controlada–vuelo 2.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura N° 75.**Ortofoto no controlada–vuelo 3.  
**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.4.1. GEOREFERENCIAR PUNTOS DE CONTROL GENERACIÓN DE DOCUMENTOS DE APOYO

Se realizó un mosaico (Figura N°77) de los 3 vuelos (Cuadro N° 6) no controlados en la plataforma de Arcgis, incluyendo referencias rápidas como el nombre de las playas, la escala gráfica y nominal de igual manera su referencia geográfica con el norte.

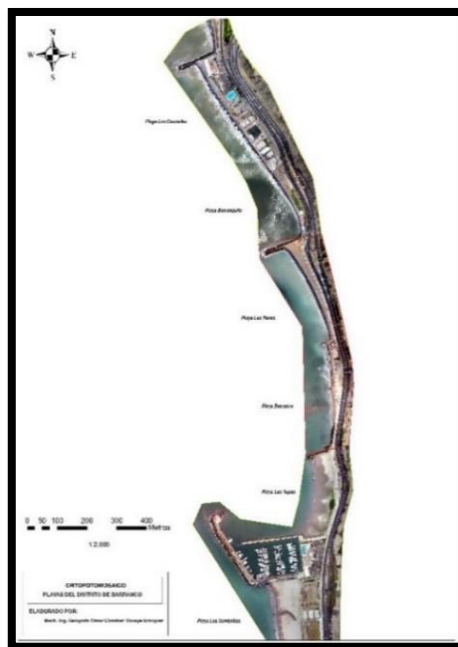

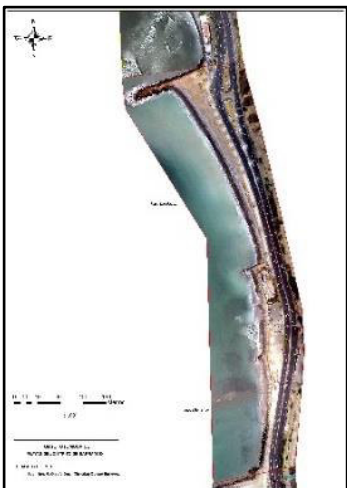



Figura N° 76. Ortofoto no controlada de las playas del distrito de Barranco.  
Fuente: Elaboración propia

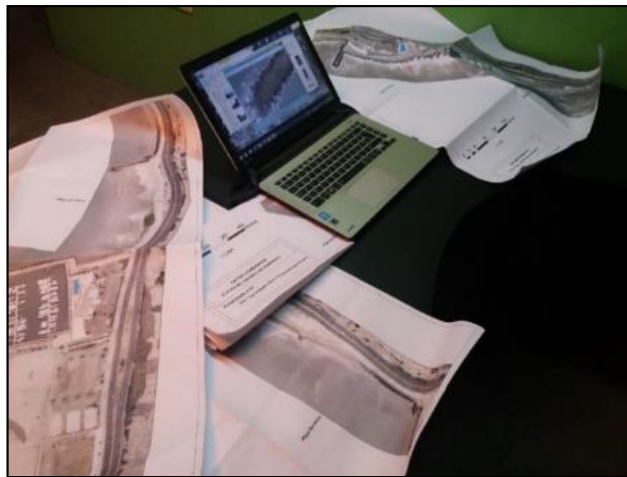
Cuadro N° 6. Representación del área de trabajo identificándose las playas del distrito de Barranco

Playa Sombrillas y Playa Yuyos	Playas Barranco y Playa Los Pavos	Playas Barranquito y Playa La Cascada
		
Planos elaborados a escala 1:1000 para la identificación de los puntos de control y la verificación del proceso. Fuente: Elaboración propia.		



## **IDENTIFICACIÓN Y POSICIONAMIENTO DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN LAS ORTOFOTOS NO CONTROLADAS**

Para la identificación de los puntos de control en campo empleando el método de RTK se debe realizar obteniendo como apoyo cartográfico las ortofotos en formato analógico en escala 1:1000 el cual permite identificar y verificar los puntos de interés a obtener su posicionamiento.



**Figura N° 77. Identificación de los puntos de control con apoyo de la ortofoto digital.**

**Fuente: Elaboración propia**

Se realiza la identificación de los fotocontroles en el plano impreso, este será con apoyo de la información digital para aprovechar el zoom de la ortofoto. Ver Figura N°78.

Debido a que se realizó 3 vuelos lo que conlleva a realizar 3 modelos.

Cada modelo representa 2 playas y el software de tratamiento indica ,10 puntos mínimo por modelo es decir se debe tener 30 puntos de control correctamente distribuidos en toda la playa.

### **CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO GPS**

Para la obtención de puntos de control se emplea un sistema GPS, utilizando la metodología RTK .

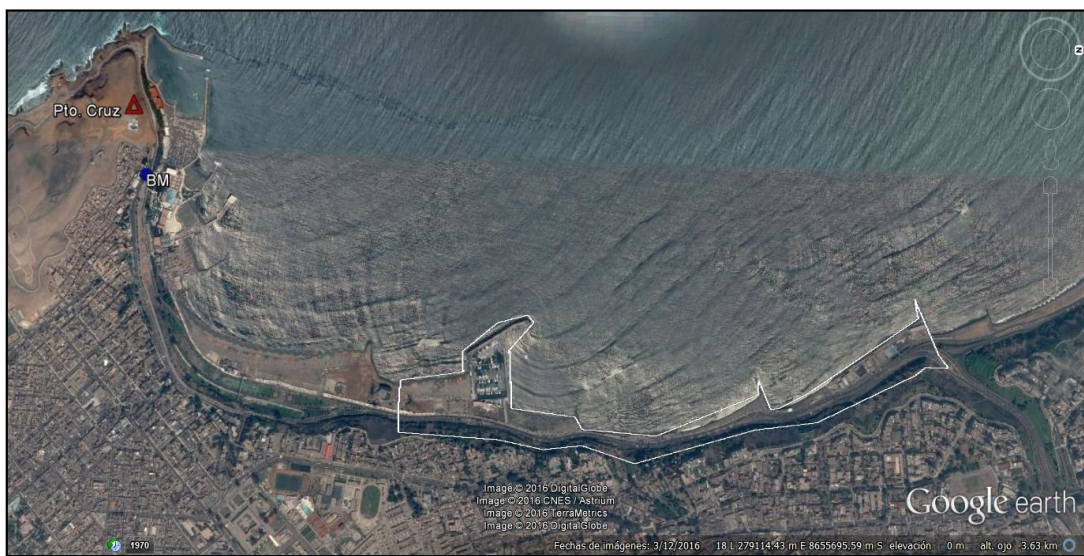
- Receptor de doble frecuencia en modo RTK.
- Baterías (para la estación de referencia y el receptor móvil).
- Antena de doble frecuencia.
- Terminal para receptor GPS.
- Trípode
- Baston-Rover
- Colectora de datos
- Wincha
- Radio-modem. Equipo GPS Topcon -Modelo GR5

Las coordenadas que se obtienen en tiempo real con precisión de 10mm + 1ppm en Horizontal y 15mm + 1ppm en vertical.

Para verificar el certificado de calibración de los equipos empleados y sus características técnicas visualizamos el ANEXO 2.

## DETERMINACIÓN DE REFERENCIA GEOGRÁFICA BASE

Se toma como referencia la BASE para la aplicación de la metodología de RTK, el punto CRUZ (establecido por el Departamento de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú), ver ANEXO 3, para control planimétrico (CUADRO N° 7) y BM como control altimétrico establecido por el IGN. Ver el ANEXO 4.



**Figura N° 78. Punto cruz -triangulo rojo y BM de color azul.**  
**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura N° 79. Instalación del equipo geodésico en el punto CRUZ como estación base de referencia.**

**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura N° 80. Monumento punto CRUZ DHN.**  
Fuente: Elaboración propia.

## CONTROL HORIZONTAL

**Cuadro N° 7. Características del punto CRUZ para control horizontal**

CONTROL HORIZONTAL	
Punto Cruz :Modelo Geoidal: EGM 96 WGS84/ITRF 94	
COORDENADAS UTM – 18S	
ESTE	: 278512.606 m
NORTE	: 8654049.443 m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LATITUD SUR	: 12°10'04.48028"
LONGITUD OESTE	: 77°02'07.80218"

Fuente: Elaboración propia.

## CONTROL VERTICAL

Se realiza una corrección de altitud al “Punto Cruz” cota de 90.857m (Figura N°80) utilizando el valor del BM establecido por el IGN ubicado en el Malecón.



**Figura N° 81. Área donde se ubica el BM.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 82. Referencia de la ubicación del BM.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

Debido a que el punto fue removido (Figura N° 81), pero la plataforma en la que se colocó el BM esta al ras de la vereda (Figura N° 82), se realiza varias mediciones en sentido horario para determinar el valor probable y este pueda ser ajustado al nivel de referencia del punto cruz. Ver el ANEXO 4.

**Cuadro N° 8. Determinación de la altura geoidal según punto cruz**

MEDICIONES REALIZADAS	$\sigma$ (m)
33.560 m	0.007
33.567 m	0.000
33.565 m	0.002
33.567 m	0.000
33.569 m	-0.002
33.569 m	-0.002
33.567 m	0.000
33.565 m	0.002
33.570 m	-0.003
Promedio de mediciones 33.567 m	

**Fuente: Elaboración propia.**

Los valores obtenidos de la media probable presentan una desviación menor al centímetro lo cual permite trabajar el promedio de las mediciones.

Se tiene como valor referencial el “BM” con un valor de 32.203m

Determinamos la diferencia entre valores  $33.567\text{m} - 32.203\text{m} = 1.364\text{m}$

Con este último valor se podrá realizar la corrección altimétrica al punto cruz en donde tendrá las siguientes coordenadas.

**Cuadro N°9. Coordenadas geográficas del punto cruz corregida.**

PUNTO CRUZ AJUSTADA AL BM
<b>COORDENADAS UTM – 18S</b>
ESTE: 278512.606
NORTE: 8654049.443
ALTURA ORTOMÉTRICA <sup>16</sup> : 89.223m
La característica geográfica de este punto cruz que se empleara como base para el método RTK se encuentra corregida con el BM anteriormente descrito. Fuente: Elaboración propia.

<sup>16</sup> Altura ortométrica es la altura en referencia al nivel medio del mar promediado en décadas.



## GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL



**Figura N° 84.**Uso de señales de tránsito como puntos de fotocontrol.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura N° 83.**Discriminación de tonalidades para puntos de fotocontrol.

**Fuente:** Elaboración propia

El control se realiza identificando elementos que presentan un contraste alto el cual contribuye en su rápida identificación. Ver Figura N° 84 y Figura N° 85.



**Figura N° 85.**Obtención de punto de control con método RTK.

**Fuente:** Elaboración propia.

Cada vez realizado la toma de puntos se realiza su respectiva anotación en el plano de referencia (Cuadro N° 10) para su posterior identificación. Ver Figura N°86.

Se realizó la lectura 6 veces seguidas. Se respetó su geometría de disolución de posicionamiento con los satélites menores se considera menor a 4.

**Cuadro N° 10.**Características de los puntos de control en relación a los vuelos

PUNTOS DE CONTROL	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
VUELO 1	20 puntos de control	1A-1T
VUELO 2	20 puntos de control	2A-2T
VUELO 3	19 puntos de control	3A-3S
TOTAL	59 puntos de control	

**Fuente:** Elaboración propia.

## RESUMEN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Cuadro N° 11. Puntos de fotocontrol con método RTK.

CARACTERÍSTICAS		DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL CON METODOLOGÍA RTK					
		FASE I		FASE II		FASE III	
		SISTEMA REFERENCIA	USO DE ROVER POSICIONAMIENTO			ELABORACIÓN DE FICHA	
		WGS84	NUMERO DE ZONAS DE TRABAJO	3	MEDICIONES	VALOR PROBABLE	
		ZONA	NUMERO DE MEDICIONES POR PUNTO	6	FOTO PERFIL	POSICIONAMIENTO A DETALLE DEL PUNTO	
		18S	NUMERO DE PUNTOS	59			
		UTM - ESTE	PROMEDIO DE PUNTOS POR PLAYA	10			
		278512.606 m	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE BASE ROVER	3KM	FOTO PANORÁMICA	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO EN RELACIÓN A LOS ELEMENTOS QUE LO RODEAN	
		UTM - NORTE	MÉTODO DE RADIACIÓN	STOP AND GO			
		8654049.443 m	DILUCIÓN GEOMÉTRICA	<4			
CARACTERÍSTICA DE LA BASE		ALTURA ORTOMÉTRICA	SECTORES			CODIFICACIÓN DE PUNTOS CONTROL	
		89.223 m	SECTOR1	SOMBRILLAS -YUYOS		1A-1T(20)	
			SECTOR2	BARRANCO LOS PAVOS		2A-2T(20)	
			SECTOR3	BARRANQUITO-LAS CASCADAS		3A-3S(19)	

Fuente: Elaboración propia.

### FICHA IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL

Como característica de las fichas de control se indica; su posición geográfica es decir Norte, Este, Altitud, desviación estándar una fotografía de perfil y una fotografía panorámica para una rápida identificación.

Se determina como valor verdadero al promedio obtenido de los 6 valores obtenidos con una desviación estándar menor a los 4 centímetros. Ver el ANEXO 5.

### 5.5. PROCESO DE ORTOFOTO CONTROLADA

Se identifica los puntos de control en el software Agisoft y posteriormente se realiza las fases de alineamiento, creación de nube de puntos, creación de malla y la creación de textura. Se aprecia el proceso y los puntos de control empleados en la Figura N° 87, Figura N° 88 y Figura N° 89.



Figura N° 86. Puntos de control empleados en el vuelo 1.  
Fuente: Elaboración propia.

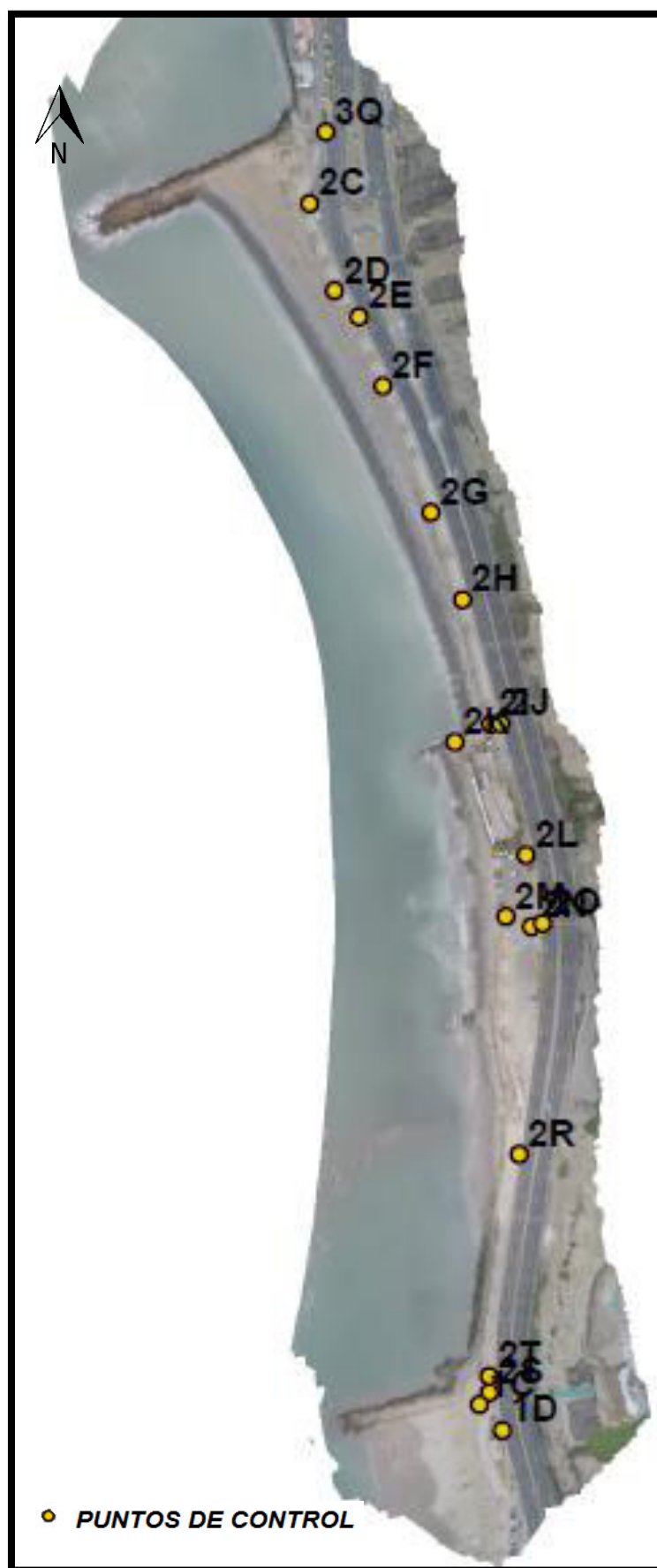


Figura N° 87. Puntos de control empleados en el vuelo 2.  
Fuente: Elaboración propia.



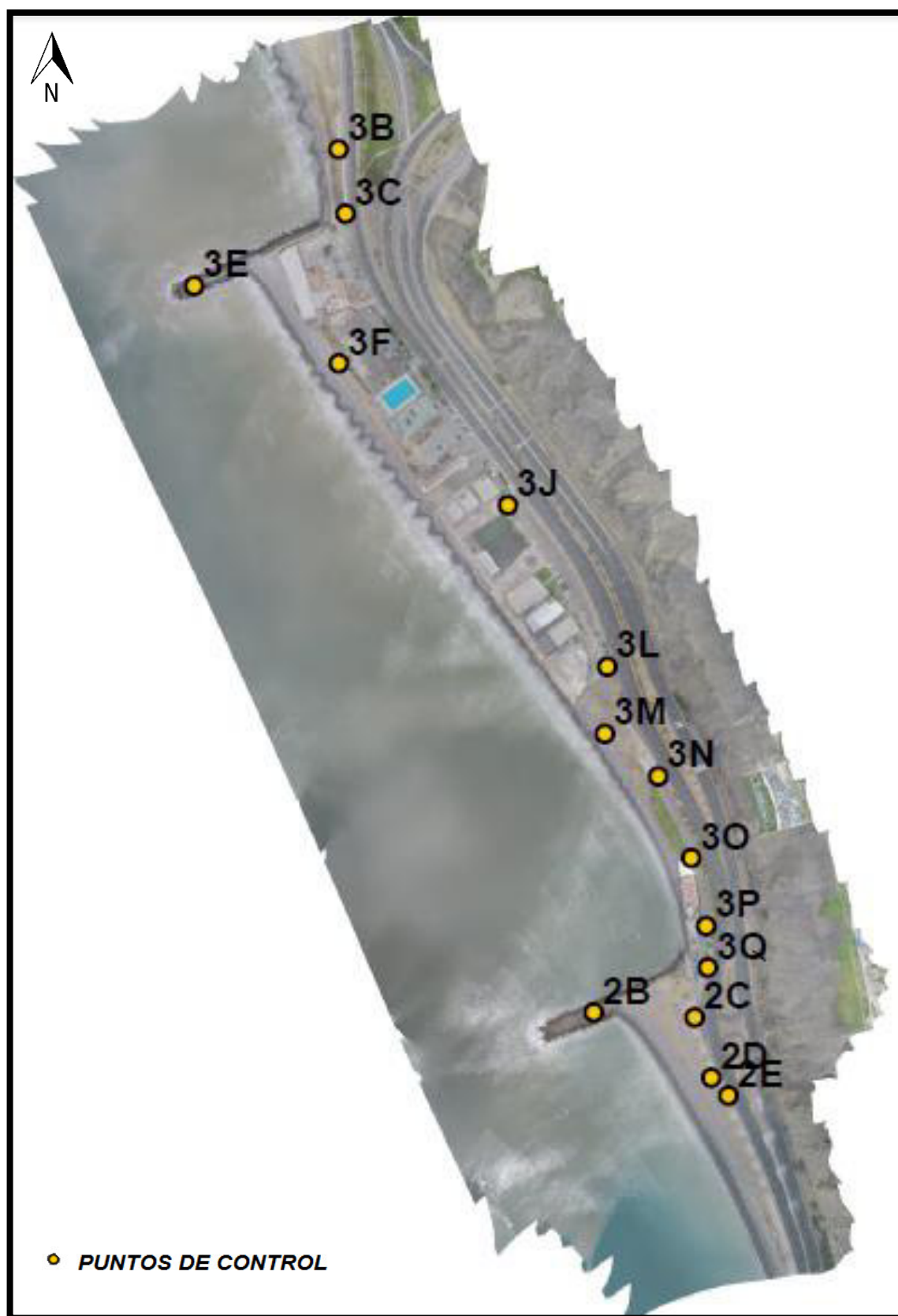


Figura N° 88. Puntos de control empleados en el proceso de vuelo 3.  
Fuente: Elaboración propia.

## RESUMEN DEL REPORTE EN SOFTWARE FOTOGRAMÉTRICO

### PLATAFORMA AGISOFT

Para este procedimiento se considera el promedio de las mediciones realizadas con RTK como valor verdadero.

Los errores (Tabla N° 14) obtenidos en los ejes X(Este), Y(Norte) y Z(Cota) corresponden a la variación existente entre el valor verdadero del punto de control y el valor obtenido después de realizar el procesamiento fotogramétrico por modelo en el software Agisoft. Ver ANEXO 6.

$$ETP = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$$

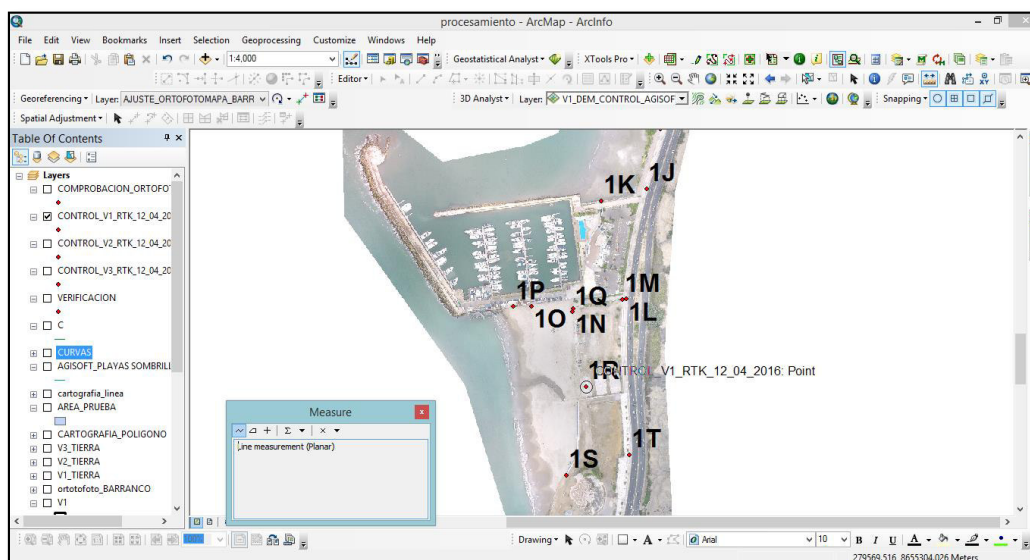
**Tabla N° 14. Errores en sus respectivos ejes geográficos en el desarrollo de la plataforma Agisoft.**

VUELO	X (m)	Y (m)	Z (m)	ERROR (m)
V1	0.265	0.866	3.77	3.873
V2	1.267	1.422	3.401	3.903
V3	0.420	0.675	4.230	4.230
MEDIA CUADRÁTICA	0.786	1.037		
ERROR TOTAL PLANIMÉTRICO (ETP)	1.301		3.815	4.005

**Fuente: Elaboración propia.**

### VERIFICACIÓN DE ERRORES PLANIMÉTRICOS EN PLATAFORMA ARCGIS

Se realiza una nueva comparación por modelo de los errores planimétricos en la plataforma Arcgis (Figura N° 89) y se obtiene lo siguiente. Ver ANEXO 7.



**Figura N° 89. Determinación del error planimétrico en plataforma GIS.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Los errores medios cuadráticos en planimetría obtenidos son producto de una comparación de posicionamiento geográfico entre los puntos de control obtenido con RTK y su correspondiente ubicado en el ortofotomapa que ha sido cargada en el módulo Arcmap. Ver Cuadro N° 12.

**Cuadro N° 12. Resumen de los errores medios cuadráticos en referencia al vuelo.**

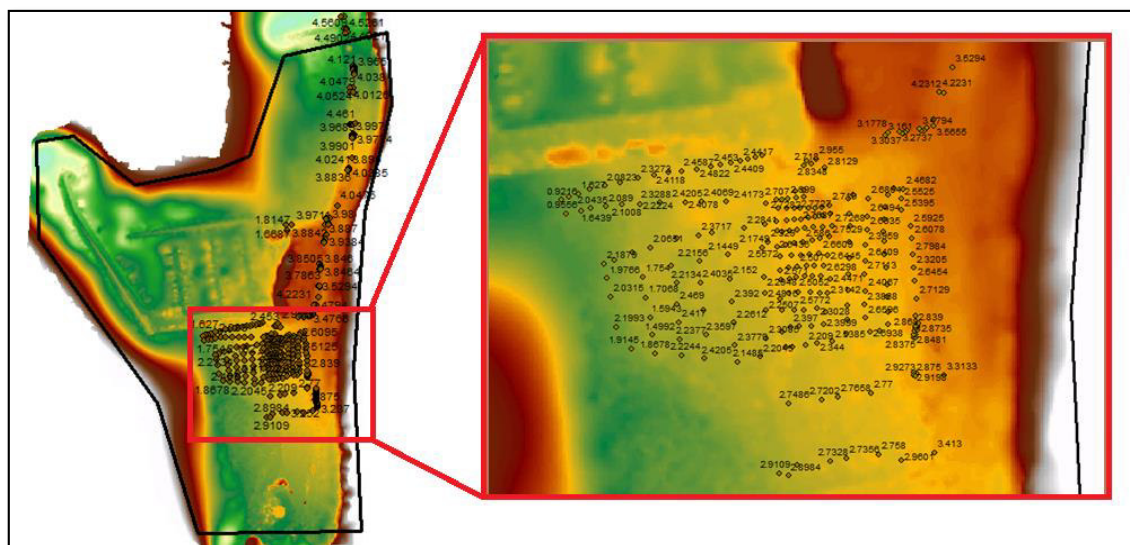
VUELO	ERROR XY (m)
VUELO 1	0.980
VUELO 2	1.356
VUELO 3	0.859
Media Cuadrática	1.086

**Fuente: Elaboración propia.**

## VERIFICACIÓN DE ERRORES ALTIMÉTRICOS EN PLATAFORMA ARCGIS

Se utiliza los modelos digitales de superficie (Figura N° 90) en el proceso de Agisoft para comparar la información altimétrica obtenida con el método RTK.

Se realizó la comparación altimétrica en la playa de las sombrillas debido a que no hay variación u obstáculo que pueda distorsionar los resultados, de igual manera se realiza la comparación con algunos puntos de control empleados para la generación de ortofoto. Ver ANEXO 8.



**Figura N° 90. MDS-vuelo 1 texturizado y los puntos de elevación obtenidos con el método RTK.**

**Fuente: Elaboración propia.**



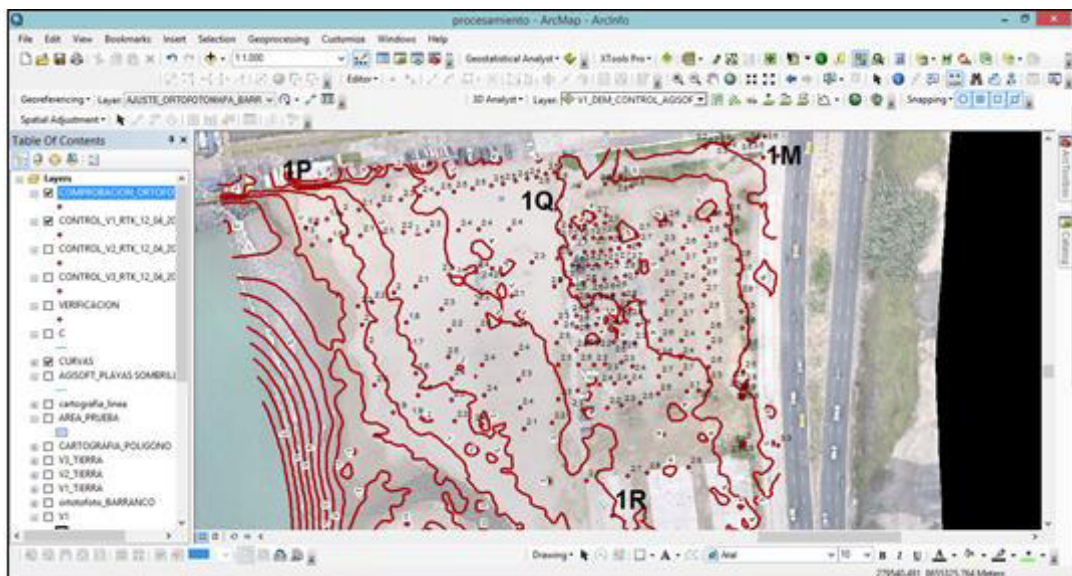


**Figura N° 91.** Los puntos representan la cota del terreno obtenido con método RTK  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 15.** EMC altimétrico en distintas zonas del área de estudio.

ZONA	TOTAL MUESTRA	EMC (m)
PLAYA LAS SOMBRILLAS ESTACIONAMIENTO	15	1.4
PLAYA LAS SOMBRILLAS	15	0.6
PUNTO CONTROL VUELO 1	9	2.4
PUNTOS DE CONTROL VUELO 2	8	1.3
PUNTOS DE CONTROL VUELO 3	8	3.7

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 92.** Referencia de la imprecisión de las curvas de nivel.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.6. AJUSTE POLINOMIAL

### 5.6.1. AJUSTE POLINOMIAL PLANIMÉTRICO

#### AJUSTE PUNTOS DE CONTROL-ORTOFOTO

En base a los puntos de control obtenidos con RTK, se realiza una georeferenciación planimétrica de segundo orden por modelo es decir por el vuelo independiente. Este proceso se realizó en el software Arcgis. (ESRI ArcGIS Desktop, 2016).

Debido a que son 3 vuelos, se realiza un ajuste (Figura N° 93) a las ortofotos extremas y se culmina con la ortofoto central. Ver ANEXO 9.

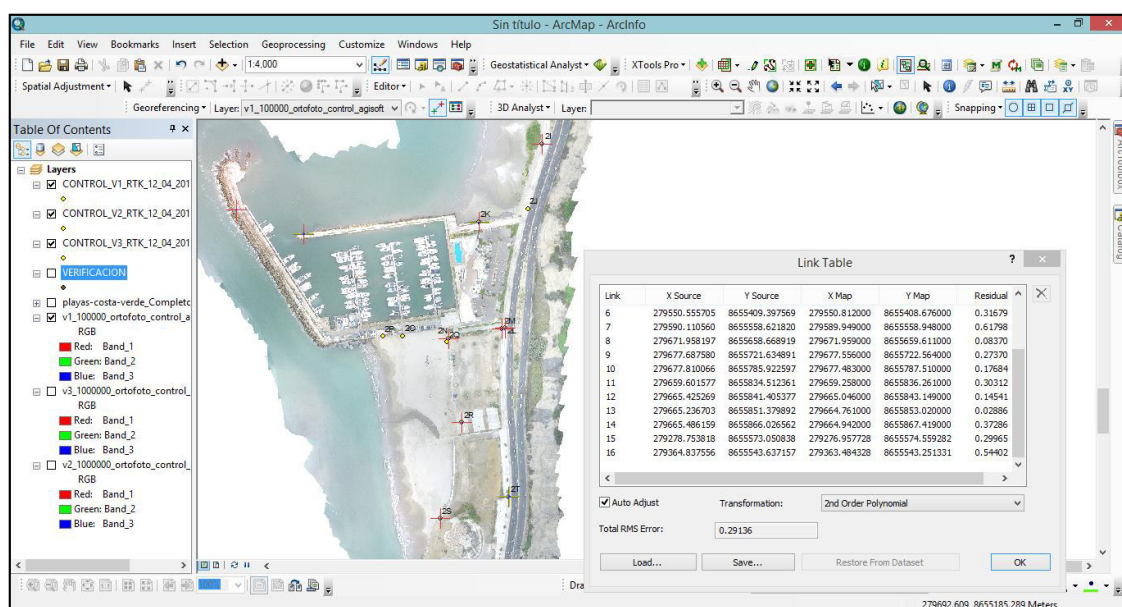


Figura N° 93. Ajuste planimétrico del vuelo 1 en software Arcgis.

Fuente: Elaboración propia.

Realizando el ajuste planimétrico por modelo (Figura N° 94) se obtiene errores independientes por vuelo el cual se indica en la Tabla N° 16.

Tabla N° 16. Resumen de los errores planimétricos por modelo

MODELO	ERROR XY (m)
VUELO 1	0.291
VUELO 2	0.316
VUELO 3	0.237
Media Cuadrática	0.283

Fuente: Elaboración propia.

OBTENCIÓN DE ORTOFOTOS CONTROLADAS-AJUSTE POR MODELO									
PROCEDIMIENTO AGISOFT									
PLAYAS	VUELO 1			VUELO 2			VUELO 3		
	SOMBRILLAS -YUYOS			BARRANCO - LOS PAVOS			BARRANQUITO - LAS CASCADAS		
IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL	1C-1D-1E-1G-1I-1K-1L-1M-1N-1R-1S-1T			2C-2D-2E-2F-2G-2H-2I-2J-2K-2L-2M-2N-2O-2R-2S-2T-1C-1D-3Q			2B-2C-2D-2E-3B-3C-3E-3F-3J-3L-3M-3N-3O-3P-3Q		
PROCESADOS 1 000 000 PUNTOS	12 PUNTOS FOTOCONTROL			19 PUNTOS FOTOCONTROL			15 PUNTOS FOTOCONTROL		
RESIDUO POR EJE X,Y,Z	ERROR-RESIDUO			ERROR-RESIDUO			ERROR-RESIDUO		
Error reporte	X (m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
	0.265	0.866	3.770	1.267	1.422	3.401	0.420	0.675	4.230
$ET_{\text{VECTOR}}= \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$	ERROR TOTAL			ERROR TOTAL			ERROR TOTAL		
	3.873 m			3.903 m			4.230 m		
FORMATO	TIFF,JPG			TIFF,JPG			TIFF,JPG		
VERIFICACIÓN DE ERRORES PLANÍMETROS PLATAFORMA GIS									
DELTA X Y - 2D	EMC 2D(m)	0.980	EMC 2D(m)	1.356	EMC 2D(m)	0.859			
IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL	1S-1T-1R-1M-1L-1N-1K-1I-1G-1E-1C-2S-2T-1A-M1-M2			2C-2S-1C-2J-2I-2G-2E-2D-3P-AP-BP-CP-DP-EP-GP-HP-IP-JP			3A-3B-3O-3P-3Q-2C-2B-2E-2D-3N-3M-3L-3K-3H-3F-3E-3C-3J		
NUMERO DE PUNTOS	16			18			18		
AJUSTE PLANIMÉTRICO POR MODELO EN PLATAFORMA GIS									
ERROR POLINOMIO SEGUNDO ORDEN	0.291 m			0.316 m			0.237 m		
ORTOFOTO CONTROLADA	EMC = 0.283 m								

Fuente: Elaboración propia.

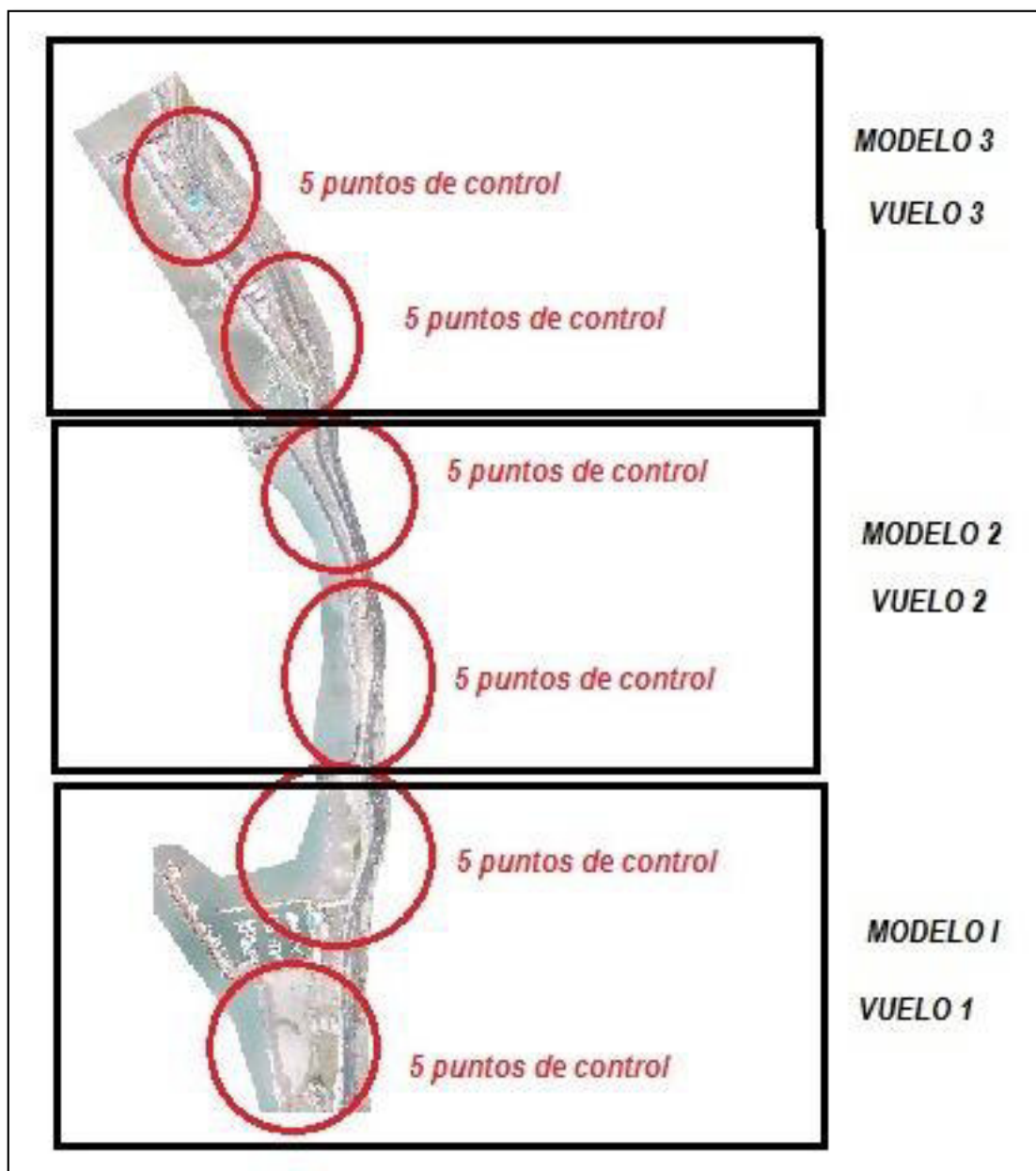
### **AJUSTE POLINOMIAL DEL MOSAICO – ORTOFOTOMOSAICO**

Se considera como mosaico a la unión de los tres vuelos realizados, logrando ajustar toda el área de vuelo en un solo archivos TIFF. Este proceso se realiza empleando el software Arcgis.

Se puede estimar un aproximado de 5 puntos de control por playa lo que equivale a 10 puntos por vuelo aéreo o modelo.

Dichos puntos deben de zonificar el área

5 puntos aproximadamente son 350 a 400 metros aproximadamente



**Figura N° 94.**Zonificación de los puntos de control.  
Fuente: Elaboración propia.

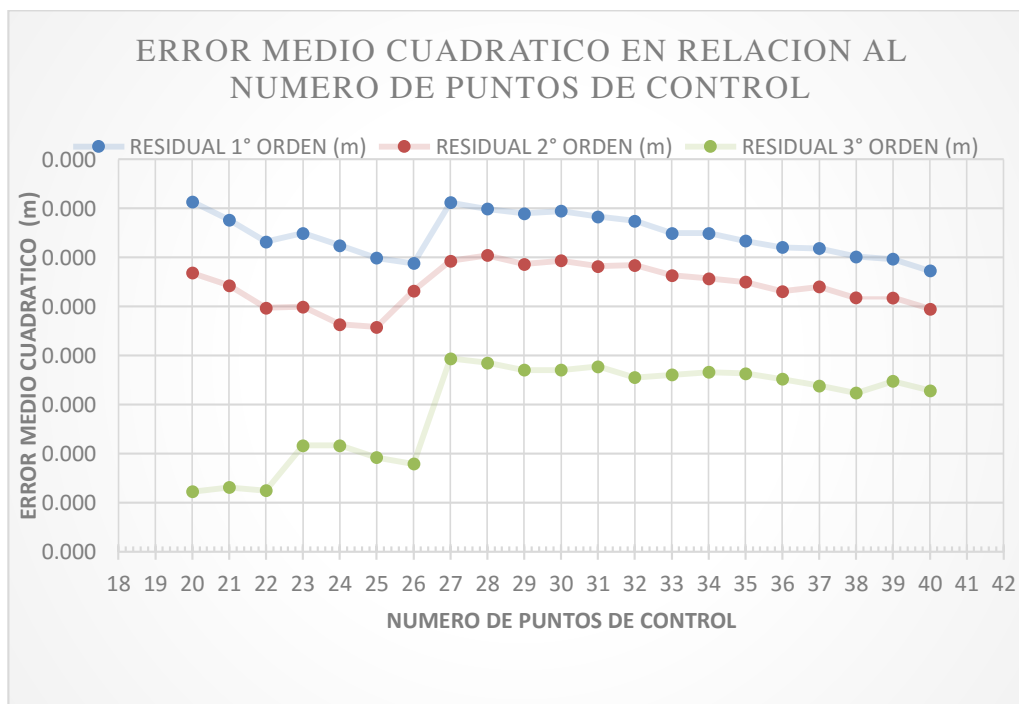
## DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PUNTOS DE CONTROL NECESARIOS PARA AJUSTE PLANIMÉTRICO

**Tabla N° 17. Residuales evaluados del ajuste polinomial de los 3 vuelos rectificados y unidos**

N°	RESIDUAL		
	1° ORDEN (m)	2° ORDEN (m)	3° ORDEN (m)
40	0.207	0.200	0.183
39	0.210	0.202	0.185
38	0.210	0.202	0.182
37	0.212	0.204	0.184
36	0.212	0.203	0.185
35	0.213	0.205	0.186
34	0.215	0.206	0.187
33	0.215	0.206	0.186
32	0.217	0.208	0.186
31	0.218	0.208	0.188
30	0.219	0.209	0.187
29	0.219	0.209	0.187
28	0.220	0.210	0.189
27	0.221	0.209	0.189
26	0.209	0.203	0.168
25	0.210	0.196	0.169
24	0.212	0.196	0.172
23	0.215	0.200	0.172
22	0.213	0.200	0.163
21	0.218	0.204	0.163
20	0.221	0.207	0.162

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 23. Puntos de control para ajuste de las ortofotos en un solo bloque**



Fuente: Elaboración propia.



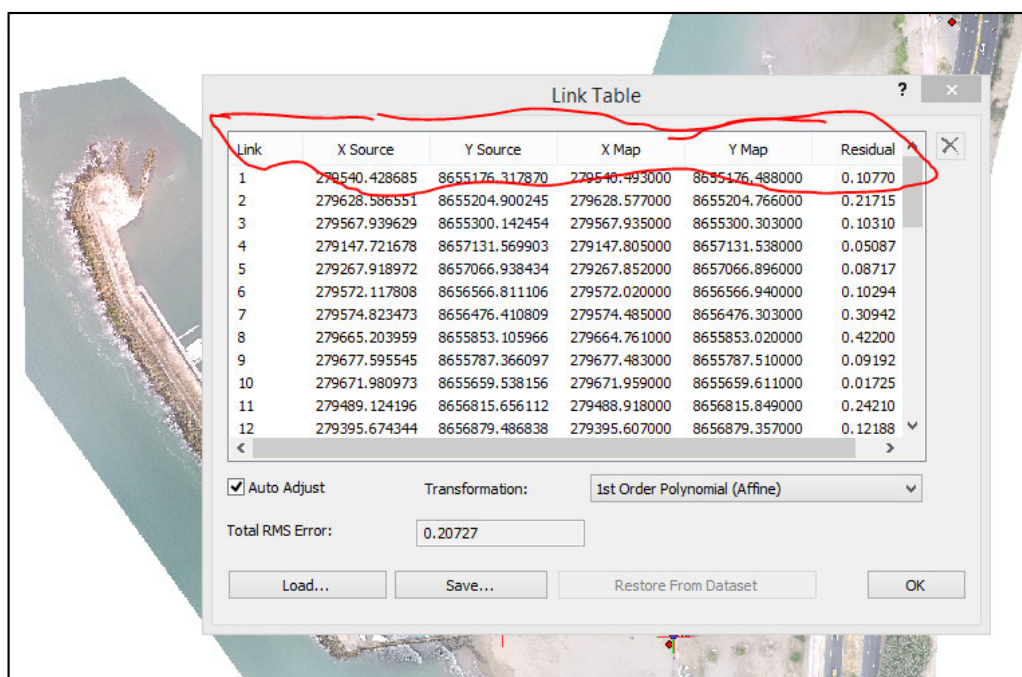
En base a la experimentación anterior se estima un total de 30 puntos de control como mínimo para realizar un ajuste de la ortofoto de todo el área de trabajo, que se encuentra dentro de la tolerancia de su error medio cuadrático de igual manera estos puntos se encuentran distribuidos según la ilustración indicada anteriormente.

## AJUSTE DEL BLOQUE DE ORTOFOTOMAPA

Una vez realizado el mosaico de los tres vuelo georeferenciados anteriormente, se realiza un nuevo ajuste planimétrico con 40 puntos de control que son identificables de los 59 que se obtuvo utilizando el software Arcgis (ANEXO 10). Dicho ajuste se realiza en relación a la discriminación del objeto empleado como control terrestre y su correspondiente en la ortofoto.

En esta instancia se permite realizar un ajuste con polinomio de primer orden, segundo orden y tercer orden.

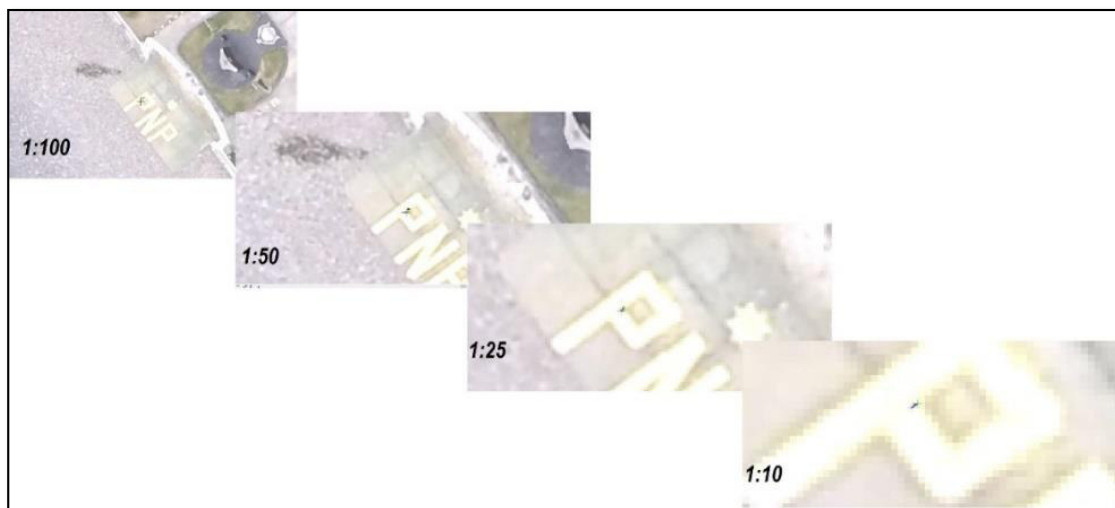
La empleabilidad del ajuste estará en relación al número de puntos de control y la deformidad local por punto que realizara en el ajuste final.



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	279540.428685	8655176.317870	279540.493000	8655176.488000	0.10770
2	279628.586551	8655204.900245	279628.577000	8655204.766000	0.21715
3	279567.939629	8655300.142454	279567.935000	8655300.303000	0.10310
4	279147.721678	8657131.569903	279147.805000	8657131.538000	0.05087
5	279267.918972	8657066.938434	279267.852000	8657066.896000	0.08717
6	279572.117808	8656566.811106	279572.020000	8656566.940000	0.10294
7	279574.823473	8656476.410809	279574.485000	8656476.303000	0.30942
8	279665.203959	8655853.105966	279664.761000	8655853.020000	0.42200
9	279677.595545	8655787.366097	279677.483000	8655787.510000	0.09192
10	279671.980973	8655659.538156	279671.959000	8655659.611000	0.01725
11	279489.124196	8656815.656112	279488.918000	8656815.849000	0.24210
12	279395.674344	8656879.486838	279395.607000	8656879.357000	0.12188

**Figura N° 95.**Correspondencia entre puntos de control y su posición en el ortofoto.  
Fuente: Elaboración propia.

La ortofoto permite realizar un zoom hasta la escala 1:100 lo que contribuye a discriminar objetos en base a contraste y resolución espacial.



**Figura N° 96. Zoom para identificar los puntos de control.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

Para el presente caso se utilizó un ajuste de polinomio de segundo orden con la totalidad de 40 puntos de control (Tabla N° 18) distribuidos homogéneamente. VER ANEXO 10.

Tabla N° 18. Resumen del ajuste polinomial de distintos órdenes en Arcgis.

N°	ETIQUETA	ORTOFOTO		CONTROL		AJUSTE - RESIDUAL		
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	1° ORDEN (m)	2° ORDEN (m)	3° ORDEN (m)
1	1S	279540.429	8655176.318	279540.493	8655176.488	0.108	0.202	0.201
2	1T	279628.587	8655204.900	279628.577	8655204.766	0.217	0.276	0.155
3	1R	279567.940	8655300.142	279567.935	8655300.303	0.103	0.134	0.109
4	3E	279147.722	8657131.570	279147.805	8657131.538	0.051	0.053	0.583
5	3F	279267.919	8657066.938	279267.852	8657066.896	0.087	0.056	0.076
6	3Q	279572.118	8656566.811	279572.020	8656566.940	0.103	0.148	0.140
7	2D	279574.823	8656476.411	279574.485	8656476.303	0.309	0.296	0.274
8	2T	279665.204	8655853.106	279664.761	8655853.020	0.422	0.402	0.368
9	1E	279677.596	8655787.366	279677.483	8655787.510	0.919	0.043	0.065
10	1I	279671.981	8655659.538	279671.959	8655659.611	0.017	0.080	0.056
11	3L	279489.124	8656815.656	279488.918	8656815.849	0.242	0.269	0.314
12	3K	279395.674	8656879.487	279395.607	8656879.357	0.122	0.127	0.042
13	1M	279619.218	8655421.453	279619.343	8655421.439	0.150	0.191	0.176
14	1L	279624.212	8655422.196	279624.236	8655422.096	0.176	0.223	0.235
15	1K	279589.987	8655558.360	279589.949	8655558.948	0.527	0.513	0.378
16	1J	279653.284	8655575.711	279653.391	8655576.044	0.288	0.263	0.258
17	2J	279669.538	8656230.538	279669.577	8656230.607	0.122	0.089	0.063
18	2I	279663.630	8656229.947	279663.663	8656230.209	0.232	0.246	0.239
19	2G	279629.217	8656350.628	279629.185	8656350.525	0.158	0.117	0.151
20	2F	279602.083	8656422.203	279602.185	8656422.073	0.242	0.208	0.254
21	2E	279588.662	8656461.604	279588.687	8656461.599	0.101	0.082	0.121
22	2C	279561.396	8656525.918	279561.254	8656525.987	0.090	0.106	0.043
23	3P	279570.733	8656601.397	279570.694	8656601.163	0.265	0.222	0.232
24	3O	279558.293	8656657.760	279558.285	8656657.627	0.169	0.119	0.117
25	3N	279531.157	8656725.069	279531.187	8656725.129	0.104	0.093	0.099
26	3B	279266.959	8657244.330	279266.940	8657244.478	0.206	0.125	0.117
27	1P	279466.288	8655411.809	279466.365	8655411.463	0.386	0.234	0.172
28	1G	279677.602	8655722.693	279677.556	8655722.564	0.207	0.258	0.208
29	1C	279659.342	8655836.027	279659.258	8655836.261	0.168	0.133	0.112
30	2S	279665.309	8655843.207	279665.046	8655843.149	0.248	0.238	0.219
31	2R	279681.331	8655980.746	279681.355	8655980.947	0.160	0.154	0.187
32	3G	279339.313	8656960.199	279339.248	8656959.986	0.191	0.209	0.107
33	3J	279407.311	8656949.218	279407.346	8656949.264	0.090	0.082	0.130
34	3S	279555.070	8656580.314	279555.033	8656580.114	0.227	0.195	0.218
35	2A	279564.043	8656551.651	279564.047	8656551.795	0.135	0.159	0.145
36	1D	279673.942	8655818.999	279673.828	8655819.207	0.147	0.104	0.115
37	1N	279550.592	8655408.561	279550.812	8655408.676	0.195	0.211	0.115
38	1F	279674.077	8655756.393	279673.973	8655756.586	0.130	0.077	0.103
39	3M	279487.212	8656760.265	279487.298	8656760.397	0.184	0.193	0.236
40	3H	279395.625	8656984.783	279395.653	8656984.765	0.056	0.061	0.067
RMS (m)						0.207	<b>0.200</b>	0.183

Fuente: Elaboración propia

## DETERMINACIÓN DE CONFIABILIDAD DE TRAZO (Verificación)

### VERIFICACIÓN DE LOS ESTÁNDARES PERMISIBLES DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Se determinará como valor verdadero al levantamiento de objetos fijos presentes en las playas del distrito de forma aleatoria realizado con el método RTK para escala 1:1000.

En base a lo indicado por el IGN cuando se obtiene la ortofoto, esta debe de permitir ser ampliada 6 veces lo cual permite discriminar objetos observables y corroborar su posicionamiento, en este caso permite observar a escala de 1:100. Para escala 1:1000 corresponde la posición planimétrica del 90% de puntos bien definidos no diferirá los 0.20m y el 10% restante no excederá los 0.25m. En referencia a la altimetría el 95% de puntos acotados no diferirá los 0.25m y el 5% restante no excederá los 0.50m.

Se realiza la comprobación con puntos tomados con la metodología de RTK como solución las siguientes tablas:

**Tabla N° 19. Error de la ortofoto en base a elementos fijos georeferenciados con RTK**

VUELO 1					
SOBRILLAS			LOS YUYOS		
ETIQUETA	MUESTRA	ERROR(m)	ETIQUETA	MUESTRA	ERROR (m)
LOZA	1	0.14	JARDIN	1	0.15
LOZA	2	0.13	JARDIN	2	0.10
LOZA	3	0.20	JARDIN	3	0.16
LOZA	4	0.09	JARDIN	4	0.10
LOZA	5	0.14	JARDIN	5	0.16
LOZA	6	0.22	JARDIN	6	0.17
LOZA	7	0.16	JARDIN	7	0.06
LOZA	8	0.11	VEREDA	8	0.10
MURO	9	0.14	VEREDA	9	0.12
VEREDA	10	0.15	VEREDA	10	0.15
VEREDA	11	0.17	VEREDA	11	0.16
VEREDA	12	0.17	POSTE	12	0.13
VEREDA	13	0.21	MURO	13	0.15
VEREDA	14	0.22	MURO	14	0.15
SARDINEL	15	0.13	MURO	15	0.16
SARDINEL	16	0.15	MURO	16	0.22
SARDINEL	17	0.17	MURO	17	0.20
MURO	18	0.20	MURO	18	0.15
MURO	19	0.21	MURO	19	0.20
MURO	20	0.20	VEREDA	20	0.07
MURO	21	0.20	VEREDA	21	0.13
MURO	22	0.21	VEREDA	22	0.14
ASIENITO	23	0.15	VEREDA	23	0.11
ASIENITO	24	0.15	SEÑAL	24	0.19
ASIENITO	25	0.17	SEÑAL	25	0.19
TOTAL	25		TOTAL	25	
ESCALA 1:1000	ERROR >0.2m		ESCALA 1:1000	ERROR >0.20m	
FUERA DE RANGO	6	24%	FUERA DE RANGO	1	4%
DENTRO DE RANGO	19	76%	DENTRO DE RANGO	24	96%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 20. Error de la ortofoto en base a elementos fijos georeferenciados con RTK**

VUELO 2					
BARRANCO			LOS PAVOS		
ETIQUETA	MUESTRA	ERROR(m)	ETIQUETA	MUESTRA	ERROR(m)
VEREDA	1	0.17	VEREDA	1	0.12
VEREDA	2	0.18	VEREDA	2	0.13
SEÑAL	3	0.2	VEREDA	3	0.19
SEÑAL	4	0.3	VEREDA	4	0.18
SEÑAL	5	0.60	VEREDA	5	0.20
SEÑAL	6	0.20	VEREDA	6	0.21
SEÑAL	7	0.15	VEREDA	7	0.21
BERMA	8	0.25	VEREDA	8	0.20
BERMA	9	0.10	VEREDA	9	0.21
POSTE	10	0.10	VEREDA	10	0.22
POSTE	11	0.22	VEREDA	11	0.23
ASIENTO	12	0.35	POSTE	12	0.25
VEREDA	13	0.35	VEREDA	13	0.21
VEREDA	14	0.18	VEREDA	14	0.17
VEREDA	15	0.20	VEREDA	15	0.19
VEREDA	16	0.16	VEREDA	16	0.19
VEREDA	17	0.20	POSTE	17	0.30
VEREDA	18	0.21	VEREDA	18	0.16
VEREDA	19	0.25	VEREDA	19	0.13
VEREDA	20	0.27	VEREDA	20	0.15
			VEREDA	21	0.18
			VEREDA	22	0.28
			VEREDA	23	0.20
			VEREDA	24	0.19
			VEREDA	25	0.30
TOTAL	20		TOTAL	25	
ESCALA 1:1000	ERROR >0.2m		ESCALA 1:1000	ERROR >0.2m	
FUERA DE RANGO	9	45%	FUERA DE RANGO	10	40%
DENTRO DE RANGO	11	55%	DENTRO DE RANGO	15	60%

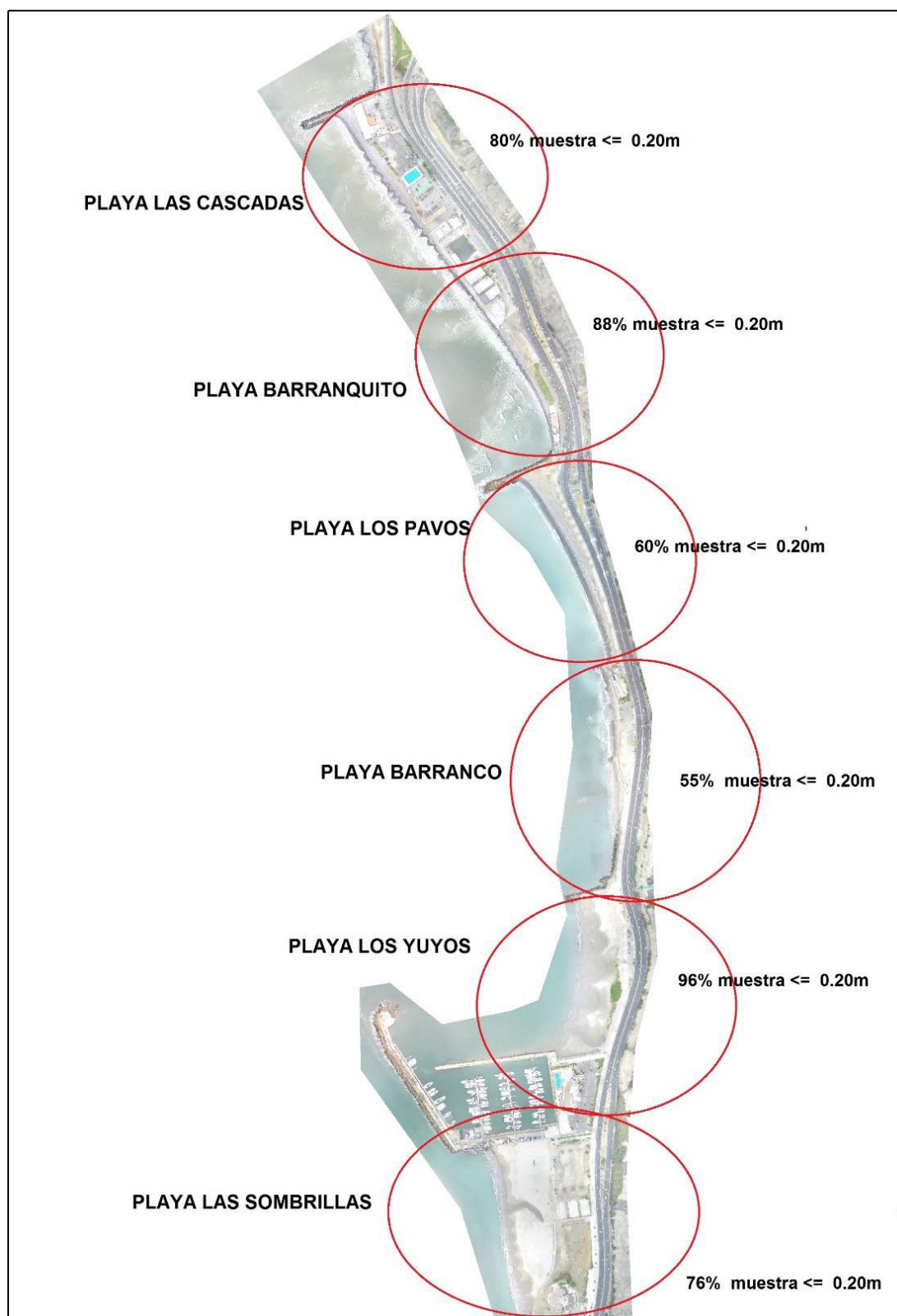
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 21. Error de la ortofoto en base a elementos fijos georeferenciados con RTK**

VUELO 3					
BARRANQUITO			LAS CASCADAS		
ETIQUETA	MUESTRA	ERROR(m)	ETIQUETA	MUESTRA	ERROR(m)
CASA	1	0.18	MUELLE	1	0.14
CASA	2	0.17	MUELLE	2	0.16
SARDINEL	3	0.19	MUELLE	3	0.13
SARDINEL	4	0.18	MUELLE	4	0.12
SARDINEL	5	0.18	MUELLE	5	0.25
SARDINEL	6	0.17	MUELLE	6	0.22
SARDINEL	7	0.21	MUELLE	7	0.19
SARDINEL	8	0.16	MUELLE	8	0.12
SARDINEL	9	0.15	MUELLE	9	0.14
SARDINEL	10	0.17	JARDIN	10	0.15
SARDINEL	11	0.18	VEREDA	11	0.13
SARDINEL	12	0.16	VEREDA	12	0.19
SARDINEL	13	0.15	VEREDA	13	0.1
SARDINEL	14	0.15	VEREDA	14	0.22
SARDINEL	15	0.15	VEREDA	15	0.16
SEÑAL	21	0.12	VEREDA	16	0.2
BUZON	22	0.15	VEREDA	17	0.17
VEREDA	23	0.23	BUZON	18	0.25
VEREDA	24	0.16	CASA	19	0.18
RAMPA	25	0.19	CASA	20	0.19
RAMPA	26	0.16	RAMPA	21	0.20
RAMPA	27	0.09	RAMPA	22	0.12
BERMA	28	0.07	RAMPA	23	0.06
BERMA	29	0.10	MURO	24	0.19
VEREDA	30	0.22	MURO	25	0.30
TOTAL	25		TOTAL	25	
ESCALA 1:1000	ERROR >0.2m		ESCALA 1:1000	ERROR >0.2m	
FUERA DE RANGO	3	12%	FUERA DE RANGO	5	20%
DENTRO DE RANGO	22	88%	DENTRO DE RANGO	20	80%

Fuente: Elaboración propia.

En base a los valores obtenidos no se puede asegurar que la cartografía en el proceso de restitución (digitalización) tenga una confiabilidad de trazo al 90% existe variabilidad en la ortofoto.



**Figura N° 97.** Error porcentual del ortofotomapa en referencia al muestreo de elementos fijos.  
Los errores porcentuales están en referencia a la tabla anteriormente descrita  
**Fuente:** Elaboración propia.

***En base a un promedio general del error porcentual del ortofotomapa, la cartografía a escala 1:1000 tendría un 76%±1% de seguridad de trazo.***

En base a la suma de promedios ponderados de los valores estimados

Se puede asegurar en base a los registros una cartografía de 1:1500 presentara una seguridad al 90% debido a que los valores que se han obtenido en relación al error son de valores de menor iguales a 0.30 m .

**Tabla N° 22.Comparativa general entre resultados del autor y especificaciones de instituciones.**

ATRIBUTO	ESCALA 1:1000	RESULTADOS AUTOR	IGN PERÚ	SNCP	IGN ECUADOR
GSD	GSD	0.07m	0.10m	0.10m	0.10m
ORTOFOTO CONTROL AJUSTE	PLANIMETRÍA	0.20m	0.20m	-	-
	ALTIMETRÍA	1m	0.30m	-	-
COMPARACIÓN RESTITUCIÓN EMP	PLANIMETRÍA	0.20m	0.20m	0.20m	0.30m
	1:1000 – 90% (0.20m)	76%	-	-	-
	1:1500 – 90% (0.30m)	90%	-	-	-
	ALTIMETRÍA	1m	0.25m	0.25m	0.25m

Para mayor detalle de las especificaciones revisar el capítulo III.Fuente: Elaboración propia.

#### CLASIFICACIÓN DE LA ORTOFOTO OBTENIDO

En relación al estudio caso para la obtención de una ortofoto escala 1:1000 y las consideraciones técnicas indicadas anteriormente, se considera como resultado que es una ortofoto de tercer orden el cual puede ser llegar a ser de segundo orden cuando el modelo digital de superficie sea próximo al modelo digital del terreno y no presente variabilidad abrupta de alturas por la presencia de edificaciones de heterogeneidad de número de pisos o variabilidad propia del terreno.

**Cuadro N° 34. Uso recomendado de la ortofoto en relación a los resultados**

N°	Usos recomendados para obtener los mejores resultados con el uso de las ortofotos básicas y las ortofotos verdaderas.	1er orden (ortofoto verdadera)	2do orden	3er orden : Ortofoto preliminar	4 to orden: Ortofoto Express	USO
1	Catastro Urbano (precisiones planimétricas superiores a 3mm X Escala mapa)	X	-	-	-	Se Recomienda no utilizar.
2	Estudios de distribución espacial detallados en zonas urbanas	X	-	-	-	
3	Análisis de redes urbanas	X	X	-	-	Uso con restricciones en planimetría, considerando el relieve terrestre con poca pendiente.
4	Catastro rural	X	X	-	-	
5	Catastro urbano (precisiones planimétricas superiores a 5 mm x escala mapa)	X	X	-	-	
6	Control de calidad de la cartografía vectorial (Grado de totalidad y consistencia temática)	X	X	-	-	
7	Obras civiles	X	X	-	-	
8	Servicios públicos	X	X	-	-	
9	Sistemas de información geográfica	X	X	-	-	
10	Vías	X	X	-	-	
11	Actualización de cartografía temática	X	X	X		Uso recomendado en planimetría, considerando relieve terrestre con poca pendiente.
12	Agrología	X	X	X		
13	Cuencas hidrográficas	X	X	X		
14	Distritos de riego	X	X	X		
15	Estudios geográficos	X	X	X		
16	Geolocalización	X	X	X		
17	Mapas de ruta	X	X	X		
18	Planeación territorial	X	X	X		
19	Planeación y gestión municipal	X	X	X		
20	Turismo	X	X	X		
21	Uso y cobertura vegetal	X	X	X		
22	Arqueología	X	X	X	X	
23	Comprobación de nuevos desarrollos urbanos	X	X	X	X	
24	Estudios agroforestales	X	X	X	X	
25	Hidrología	X	X	X	X	
26	Inundaciones	X	X	X	X	
27	Medio ambiente	X	X	X	X	
28	Mercadeo	X	X	X	X	
29	Recreación	X	X	X	X	
30	Visualización del paisaje	X	X	X	X	
31	Zonas homogéneas	X	X	X	X	

Fuente: Adaptación del manual de estándares cartográficos aplicados al catastro SNCP-SUNARP



5.7. GENERACIÓN DE ORTOFOTOMAPA  
ORTOFOTOS

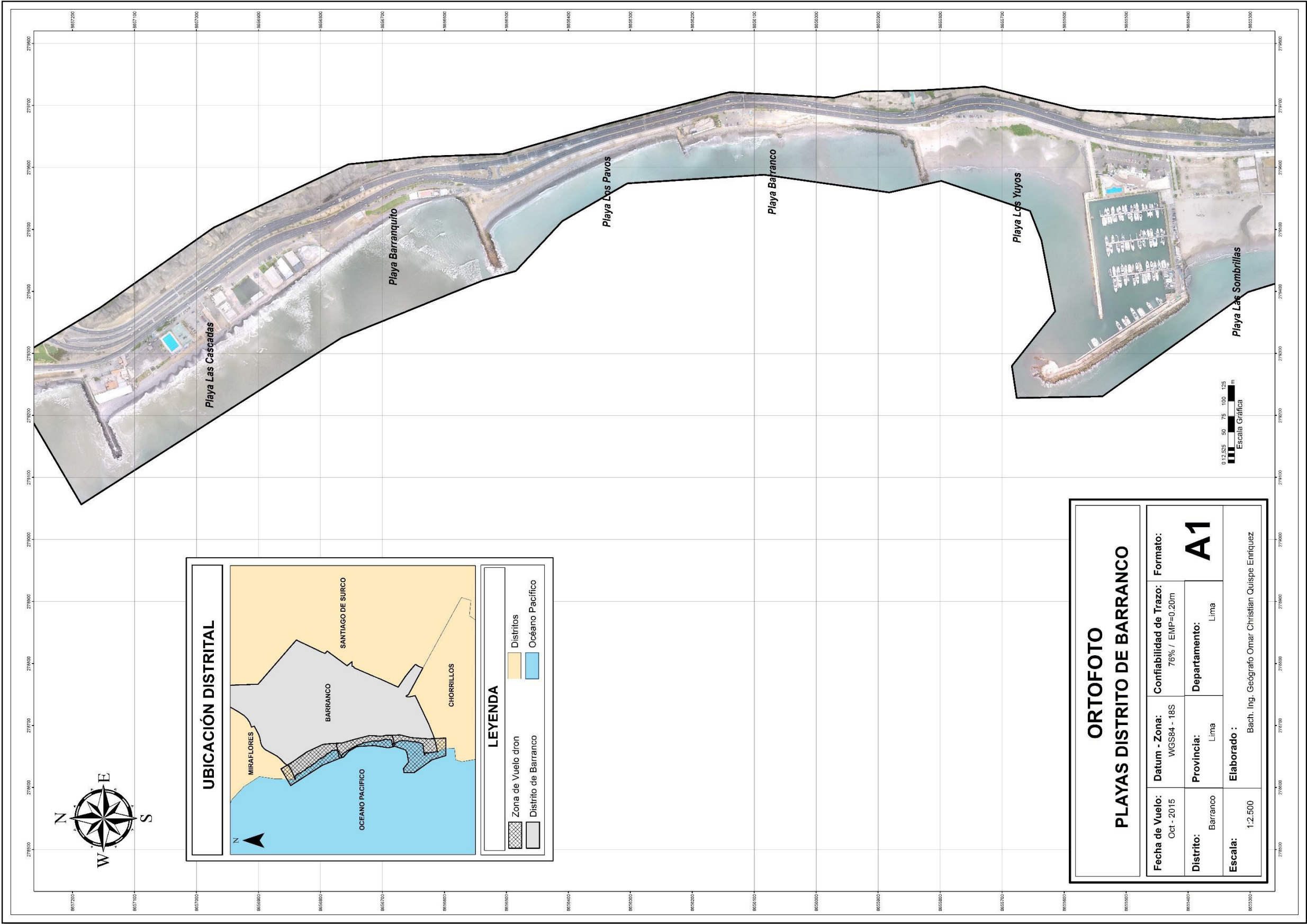


Figura N° 98.Representación del ortofotomosaico en formato A1 para impresión, escala 1:2500 playas del distrito de Barranco. Fuente: Elaboración propia.



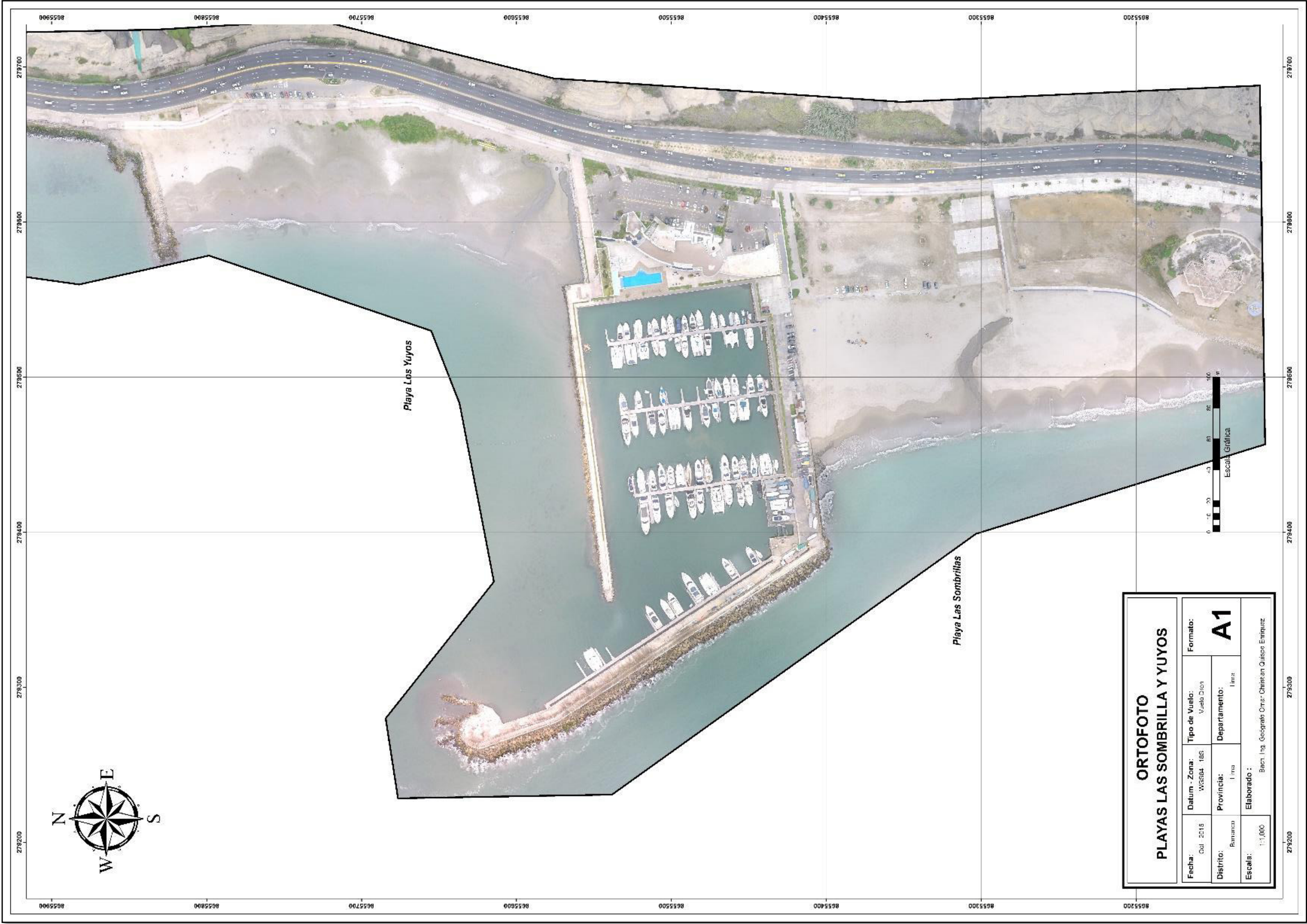


Figura N° 99.Representación de la ortofoto en formato A1 para impresión, escala 1:1000 la Playa Las Sombrillas y Playa Yuyos. Fuente: Elaboración propia.

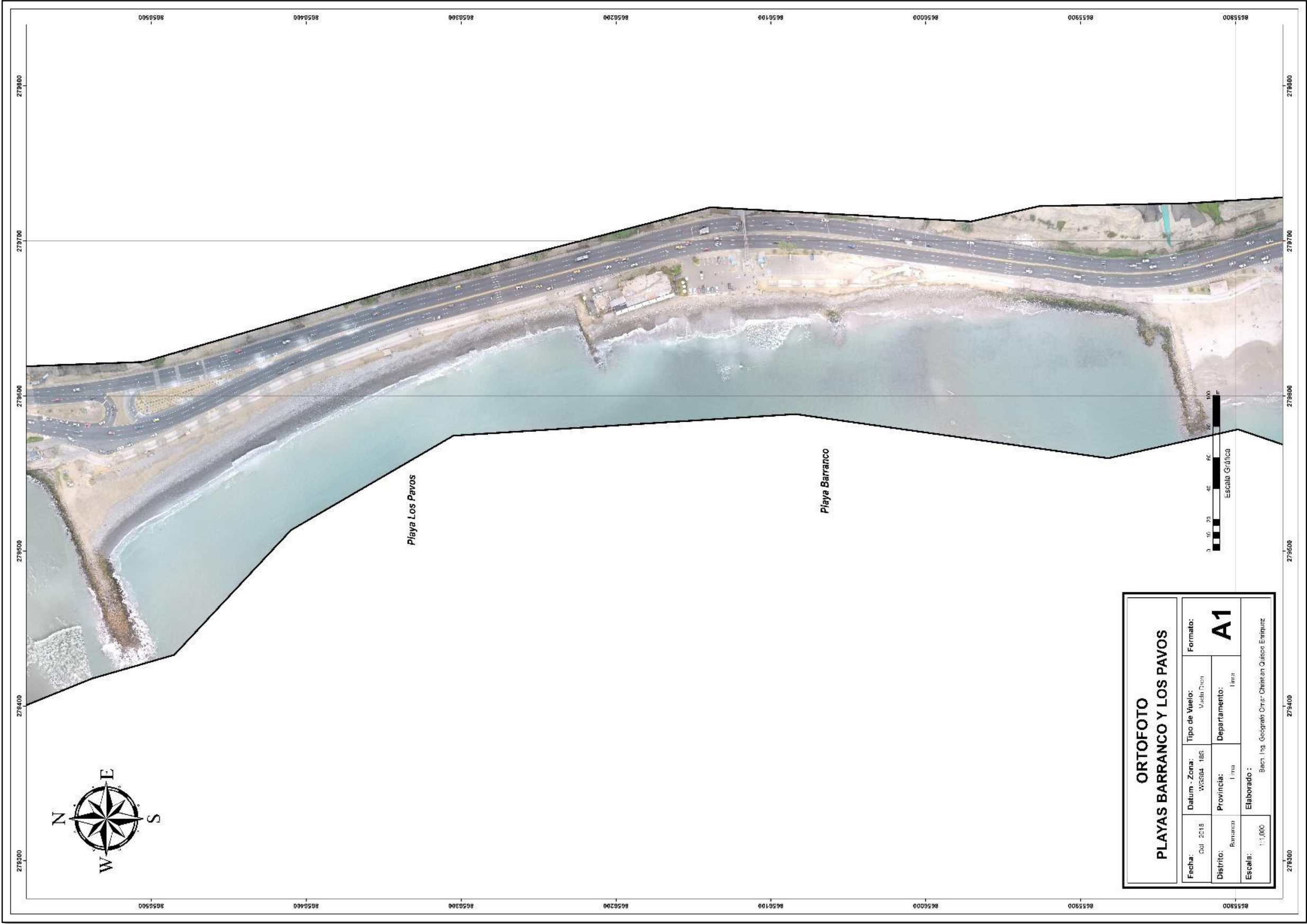


Figura N° 100.Representación de la ortofoto en formato A1 para impresión, escala 1:1000 de la Playa Barranco y Playa Los Pavos. Fuente: Elaboración propia.





Figura N° 101.Representación de la ortofoto en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranquito y Playa Las Cascadas.Fuente: Elaboración propia.

EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN VECTORIAL

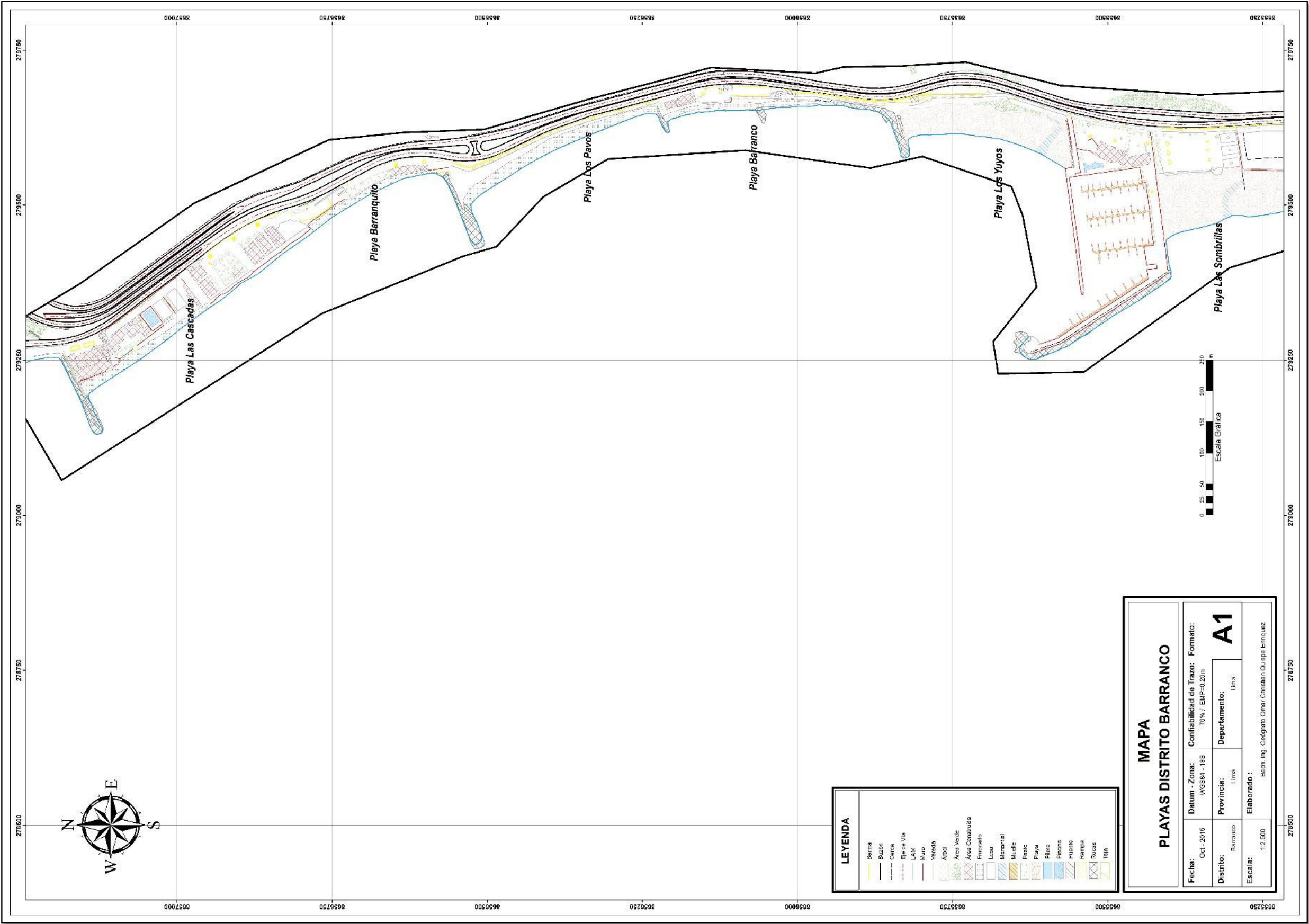


Figura N° 102.Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:2500 de la playas del distrito de Barranco. Fuente: Elaboración propia.





**Figura N° 103. Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Las Sombrillas y Playa Yuyos. Fuente: Elaboración propia.**

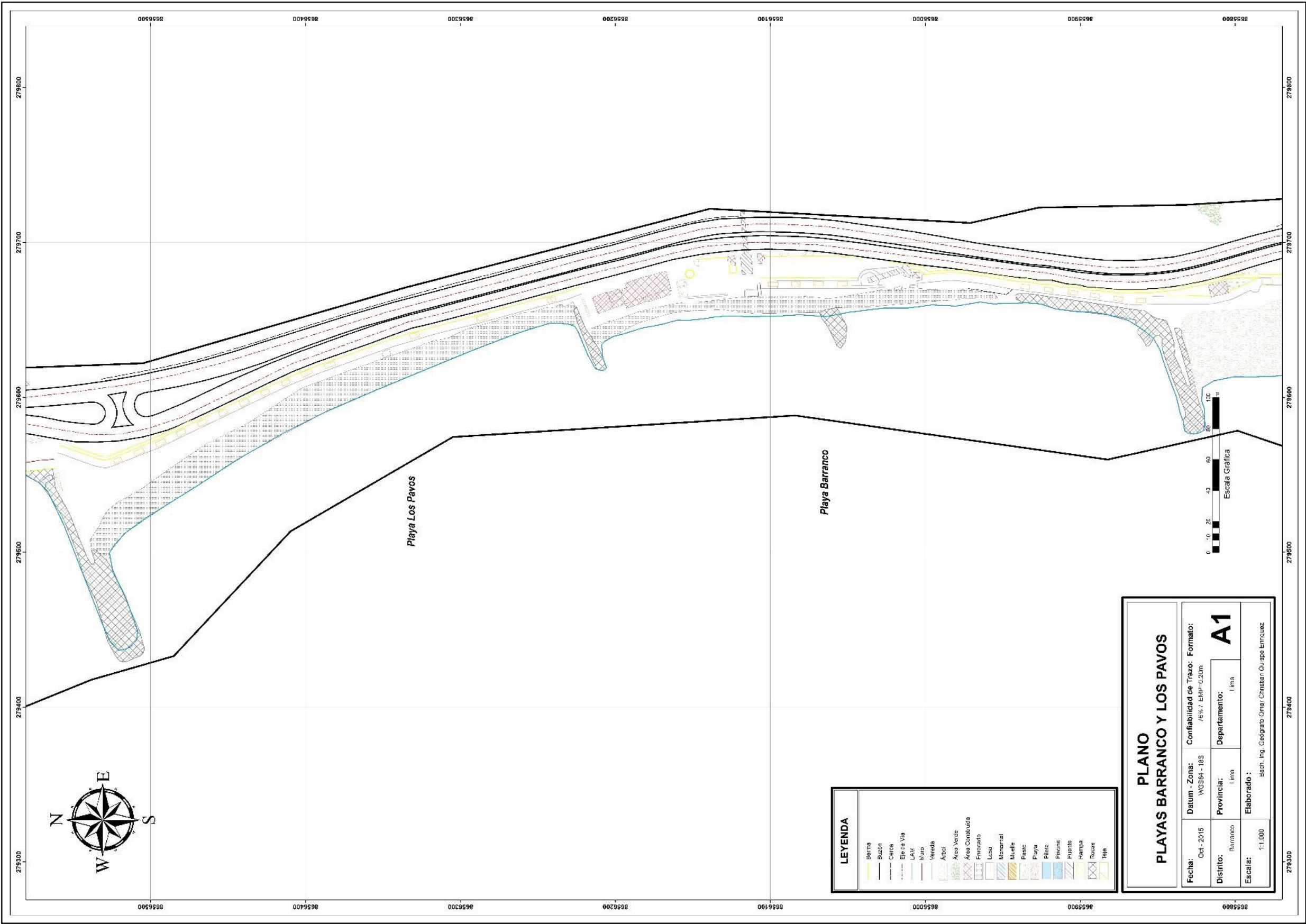


Figura N° 104.Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranco y Playa Los Pavos. Fuente: Elaboración propia.



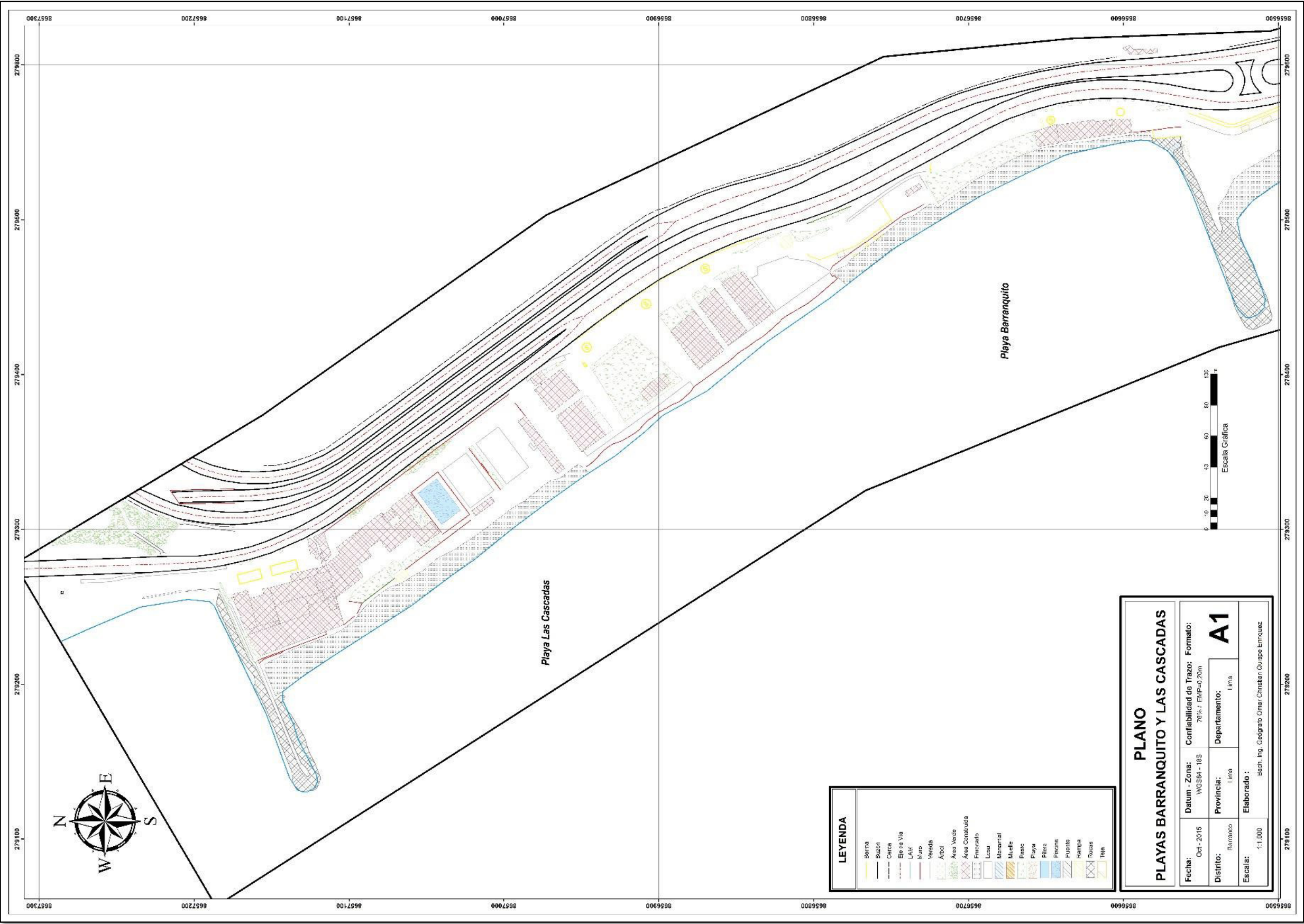


Figura N° 105.Representación del mapa con información vectorial en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranquito y Playa Las Cascadas. Fuente: Elaboración propia.



ORTOFOTOMAPA

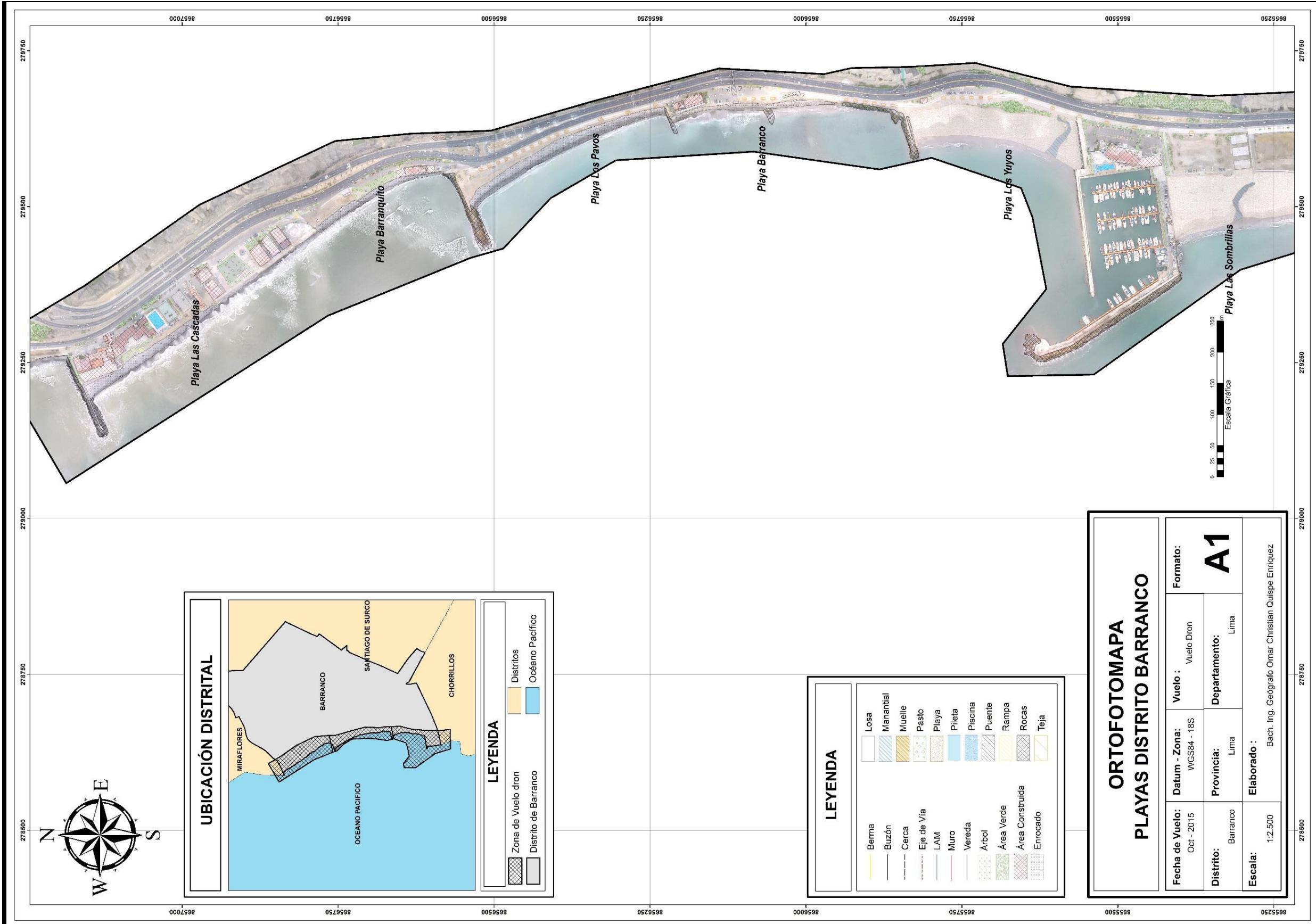


Figura N° 106.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:2500 de las playas del distrito de Barranco. Fuente: Elaboración propia.



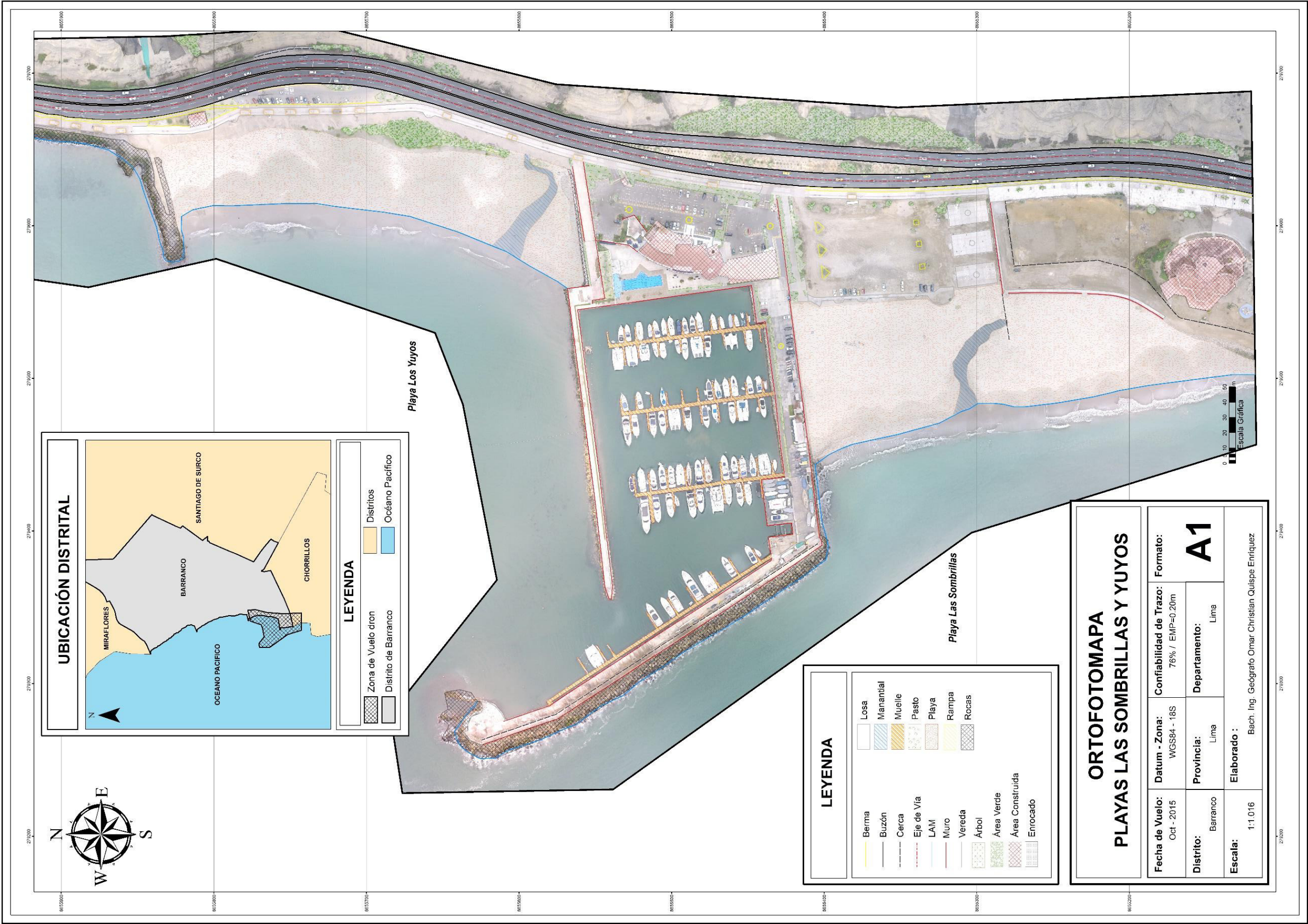


Figura N° 107.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Las Sombrillas y Playa Los Yuyos. Fuente: Elaboración propia.



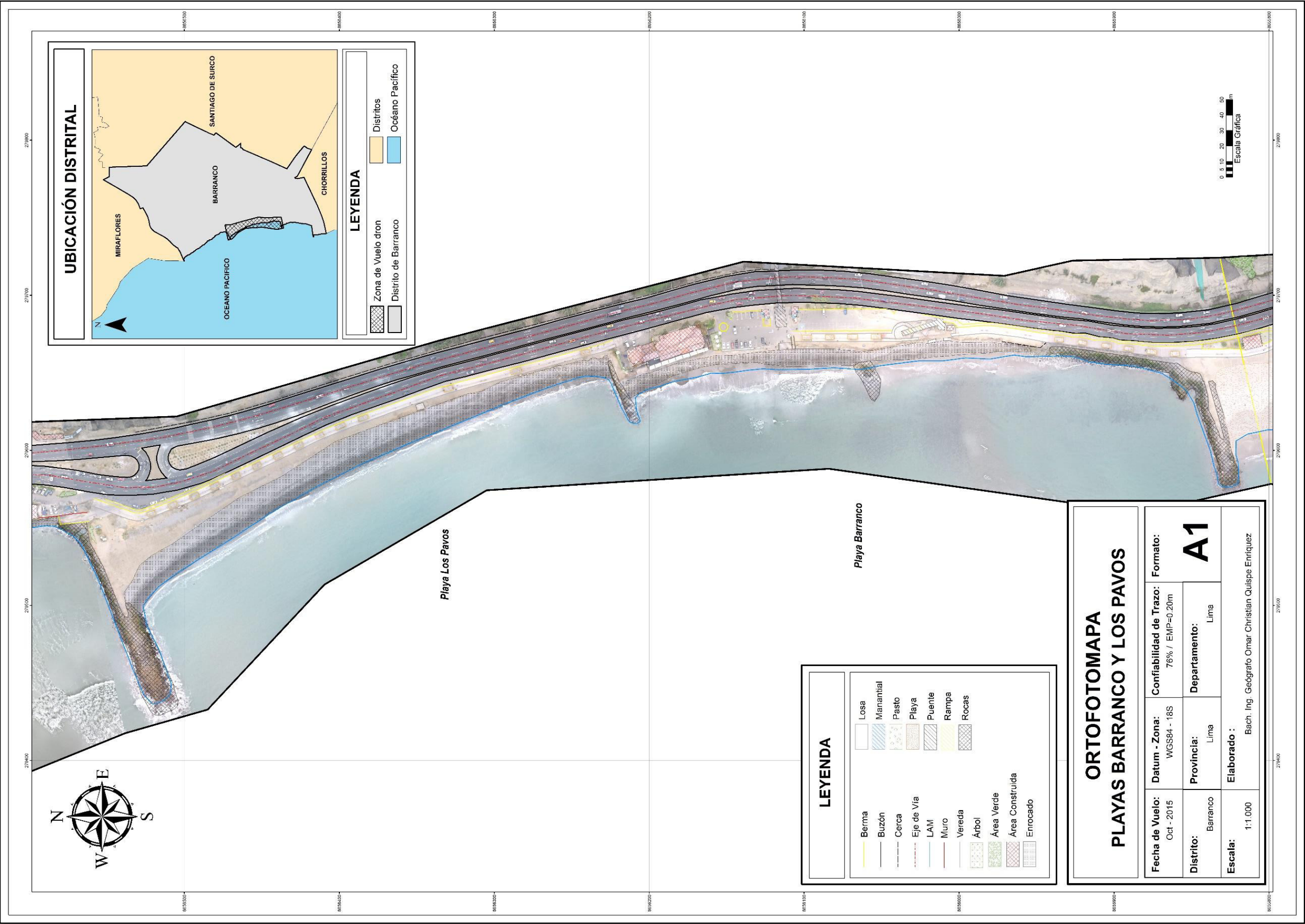


Figura N° 108.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa Barranco y Playa Los Pavos. Fuente: Elaboración propia.



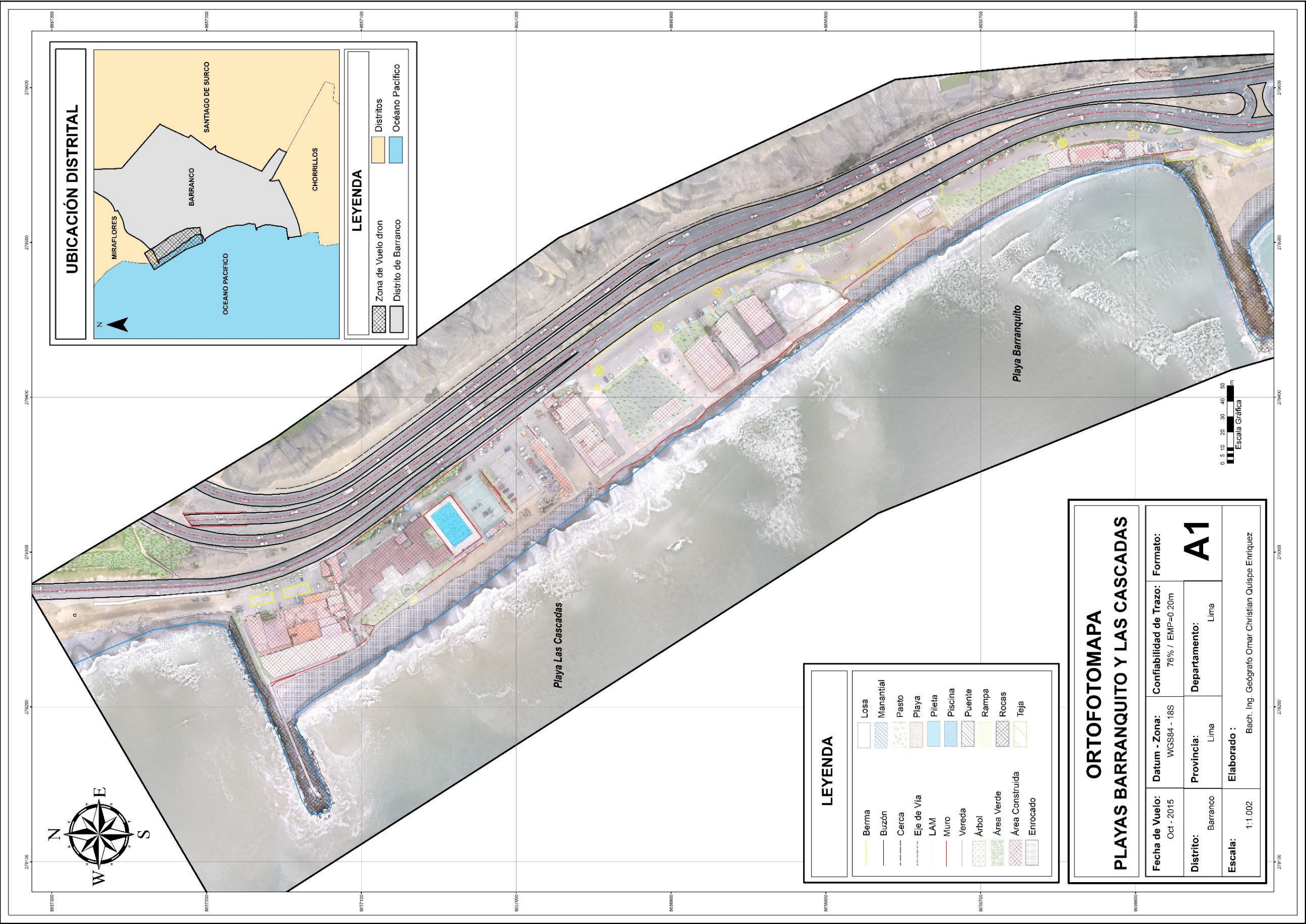


Figura N° 109.Representación del ortofotomapa en formato A1 para impresión, escala 1:1000 Playa de Barranquito y Playa Las Cascadas. Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS

Se identificó como la capacidad de vuelo del microdron-multirotor utilizado en el área de estudio una autonomía útil de 12 minutos, con un peso de despegue de 1300 g, con un alcance horizontal de 1km pero con un alcance de visualización directa de 500m, la capacidad de programar rutas de vuelo con apoyo de un Datalink y la manipulación de modo de vuelo de autónomo a manual.

En la realización al análisis de precisión del microdron-multirotor (Phantom 2 v2) y puntos de geográficos conocidos (Posicionamiento con método DGPS), se estimó que el nivel de precisión del posicionamiento planimétrico y altimétrico corresponde menor al metro, esto contribuye a realizar un adecuado planeamiento de rutas de vuelo, georeferenciación de las tomas aéreas y capacidad de retornar al punto de origen en una vuelo autónomo programado, según las características del área estudiada.

En base a que no se dispone como parte de la metadata el posicionamiento geográfico (coordenadas GPS) de la imagen aérea vertical, se utilizó los datos de posicionamiento del dron registrados en el Flytrex mediante un método de sincronización entre el dron y la toma de imagen.

La cámara deportiva GoPro presenta una distorsión “Ojo de Pez” en la modalidad de 12MP con una visión de gran angular, se determina la configuración a 5MP para reducir la distorsión de curvatura en los bordes de la imagen con 2560 pixeles horizontales y 1920 pixeles verticales con una dimensión de pixel de 2.028 um.

Se determinó una relación entre el GSD teórico, como primera aproximación en relación a la altura de vuelo, numero de pixeles y la distancia focal. Este cálculo desprecia valores de giro al momento de realizar la toma.

$$GSDh = \frac{(dpsh)(H)}{(N^{\circ} \text{ PIXEL HORIZONTAL})(f)} ; GSDv = \frac{(dpsv)(H)}{(N^{\circ} \text{ PIXEL VERTICAL})(f)}$$

$$GSD(h, v) = \frac{dpsh + dpsv}{2}$$

Para efectos de corroborar el GSD teórico, se realizó procesos experimentales a distintas alturas de vuelo, siendo de nuestro interés el de 100m el cual presenta una variación entre el valor teórico calculado (0.068m/pix) y el experimental (0.055m/pix), diferencia de 1.3cm. Es por ello que es viable emplear el cálculo de esta función de los parámetros indicados anteriormente para la altura de vuelo en base a la resolución de la imagen que se desea.

Empleando los puntos de control para el proceso fotogramétrico y el ajuste planimétrico en un software como el Arcgis permite que la ortofoto cumpla los estándares técnicos establecido por el IGN, en donde se indica que estos no deben de exceder una error mayor al de 0.20 m.

Se realizó control fotogramétrico con la metodología RTK el cual es aplicable debido a que su imprecisión es obvia en relación al nivel de resolución que se estimo es menor al 0.10m

En referencia al área de estudio se obtuvo un total de recubrimiento con el vuelo dron el área de 52 ha. Sin embargo esta área corresponde al mar y otra a tierra de los cuales el área terrestre del área de estudio corresponde a 30 ha correspondiente a las playas y autopista de la costa verde en el distrito de Barranco.

En referencia a la altimetría presenta mucha variabilidad para que pueda ser empleada como una fuente confiable, siendo esta de menor grado en la playa sombrillas con variación de 0.50 m en referencia a datos altimétricos RTK y la mayor variación de altitudes en las zonas donde se ubicó los puntos de control llegando hasta los 3 m. No se recomienda el procedimiento para la obtención de información altimétrica.

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN GENERAL

En base a los resultados del área de estudio se puede inducir lo siguiente:

El sistema microdron-multirotor “potenciado” empleado conjuntamente en la presente propuesta metodológica, es una alternativa para la generación de ortofotomapas, con un error de trazo planimétrico de 76%, con categorización de tercer y cuarto orden, el cual se recomienda a escalas comprendidas entre 1:5000-1:1000, de gran utilidad en casos de evaluación y estudios planimétricos como: la actualización cartográfica, estudios hidrográficos, estudios geográficos, geolocalización, mapas de ruta, planeación territorial, estado de cobertura vegetal, medio ambiente, recreación, visualización de paisaje entre otras aplicaciones.

### CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

Se reconoce como estructura básica metodológica para la generación de ortofotomapas empleando un microdron-multirotor las siguientes 8 fases generales; plan de vuelo, prevuelo, vuelo, ortofoto no controlada, georeferenciación de puntos de control, ortofoto controlada, ajuste polinomial y ortofotomapa. Los cuales presentan subfases con su respectiva descripción y posibilitan desarrollar de forma estructurada la aplicación de esta metodología a otros sistemas aéreos pilotados remotamente que puedan presentar características similares, según la caracterización del área de estudio.

Se identificó componentes básicos en el microdron-multirotor (Phantom 2 v2) siendo estos el marco, motores, hélices-ecs, controlador de vuelo, radio control, baterías, GPS brújula como elementos de la plataforma de vuelo de igual manera se presenta un Gimbal con una cámara para el registro de fotos y un Datalink para la programación de vuelo. Esto posibilita aplicarlos en el caso de estudio.

En referencia al nivel de exactitud presenta una variación de un GPS navegador (5 metros) en posicionamiento planimétrico (Este y Norte), en posicionamiento altimétrico (Altitud) hay variaciones de 14 a 20 metros y un grado de precisión menor a 1m.

Para efectos de corroborar el GSD teórico, se realizó procesos experimentales a distintas alturas de vuelo, siendo de nuestro interés el de 100m el cual presenta una variación entre el valor teórico calculado (0.068m/pix) y el experimental (0.055m/pix), diferencia de 1.3cm. Es por ello que es viable emplear el cálculo de esta función de los parámetros indicados anteriormente para la altura de vuelo en base a la resolución de la imagen que se desea.

En referencia a la planimetría el ortofomapa final obtenido el cual fue corroborado con un levantamiento de mayor orden, presenta una confiabilidad de trazo a escala 1:1000 del 76% restitución (digitalización) sin embargo a una escala de 1:1500 presenta una confiabilidad de 90% según lo exigido por el IGN.



## RECOMENDACIONES

Aplicar la presente metodología en microdrones, minidrones-multirotores, que pueda diversificar su aplicación, considerando en cada caso la calibración del equipo y el funcionamiento de la cámara, así como la configuración de esta misma.

Se recomienda realizar un estudio detallado de los componentes del dron en la medida que esta pueda aumentar su autonomía y realizar un mayor número de líneas de vuelo.

Se recomienda utilizar en vuelos fotogramétricos una plataforma de control de vuelo (laptop) que permita visualizar y realizar la programación de las rutas de vuelo, permitiendo su control en todo momento del recorrido y visualización directa.

Para efectos prácticos se recomienda un mayor área de traslape lateral (40% - 60%) y longitudinal (75% -90%) para reducir el efecto de deformación de la imagen en el procesamiento digital para obtener la ortofoto.

Cuando se desee implementar o usar un sistema dron para obtener ortofotomapas, se recomienda evaluarlo en condiciones controladas e indicar el grado de precisión y exactitud geográfica que presenta en referencia a otros métodos de posicionamiento estandarizado.

Se recomienda utilizar una cámara que no presente deformación como el “Ojo de Pez” y de igual manera que está presente en su metadata las coordenadas geográficas al momento de su toma aérea.

Implementar un sensor que permita registrar los giros de alabeo, cabeceo y rolido del dron, para que la reconstrucción del modelo digital sea correctamente posicionada en base a la toma aérea y este sea contrastado con datos experimentales.

Para la realizar un estudio caso, se recomienda definir la escala a la cual se desea trabajar en formato digital y analógico para definir concretamente los errores permisibles.

No es apropiado el uso de del sistema microdron-multirotor con la presente metodología para la obtención de información altimétrica de calidad.

Verificar el posicionamiento geográfico del centro de perspectiva con uno de mayor orden o realizar un ajuste altimétrico en referencia al posicionamiento de despegue e información de Google Earth.

Tener presente que todas las características funcionales y modificaciones a los equipos empleados son derechos del fabricante.

Verificar si el software para la planificación de rutas de vuelo es de código abierto.

Solicitar autorización o permiso legal para copiar o modificar datos obtenidos en el desarrollo del proceso fotogramétrico.



## BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- Acosta León Arturo Bendayán, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP. (2011). Sistema de Adquisición Remota de Imágenes Mediante Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV). Iquitos, Perú. Obtenido de <http://www.iiap.org.pe/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/bioinfo/pu/9.pdf>
- Agisoft PhotoScan. User Manual: Professional Edition; Version 1.0.3. (2014).
- Dirección General de Aeronautica Civil, PE. (2015). Norma Técnica Complementaria. Requisitos para la Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia. 12 pág. Recuperado el 2016, de [https://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica\\_civil/normas/documentos/tecnicas2/2015/NTC%20DRONES%20APROBACION/NTC%20Operaciones%20R PAS%20\(texto\).pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/normas/documentos/tecnicas2/2015/NTC%20DRONES%20APROBACION/NTC%20Operaciones%20R PAS%20(texto).pdf)
- DRONING. (19 de Octubre de 2014). Recuperado el Septiembre de 2015, de DRONING: <https://droningpage.wordpress.com/2014/10/19/que-partes-componen-un-drone-multirotor/>
- Instituto Geográfico Nacional, Perú. (Mayo de 2011). Especificaciones técnicas para la elaboración de cartografía básica escala 1:1000.
- Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial, PE. (s.f.). <http://www.sncp.gob.pe/>. Recuperado el Mayo de 2015, de [http://www.sncp.gob.pe/pdf/MARCO%20JURIDICO/formatos%20series%20catastrales/Estandares\\_Cartograficos\\_Aplicados\\_Catastro.pdf](http://www.sncp.gob.pe/pdf/MARCO%20JURIDICO/formatos%20series%20catastrales/Estandares_Cartograficos_Aplicados_Catastro.pdf)

## BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Agencia Estatal de Seguridad Aérea.España. (7 de Abril de 2014). Recuperado el 2015, de [https://www.uavdach.org/korr.Nutzung/AESA\\_spain.pdf](https://www.uavdach.org/korr.Nutzung/AESA_spain.pdf)
- ESRI ArcGIS Desktop. (2016). Recuperado el Julio de 2016, de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/fundamentals-for-georeferencing-a-raster-dataset.htm>
- Ferreccio,Nicolás. (2006). Análisis de la Técnica RTK. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado el Agosto de 2015, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/30728>
- García, J. (2015). Fotogrametría Práctica. Obtenido de Uso de drones para la actualización cartográfica: <http://fotogrametriapractica.blogspot.pe/2015/06/los-drones-herramienta-de-apoyo-en-los.html>
- Huerta, E., Mangiaterra, A., & Noguera, G. (2005). En GPS Posicionamiento Satelital (1era ed.). Argentina,Rosario: Editorial Universidad Nacional de Rosario.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía,INEGI, MX. (2010). En Compendio de criterios y especificaciones técnicas para la generación de datos e informacion de carácter fundamental. México,Aguascalientes. Recuperado el Octubre de 2015, de [http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/15-%20imagenes\\_digiales\\_ortorectificadas\\_fotogrametricamente.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/15-%20imagenes_digiales_ortorectificadas_fotogrametricamente.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía,INEGI, MX. (2015). Recuperado el Agosto de 2015, de Modelos Digitales de Elevación: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística,INEGI,MX. (Marzo de 2010). Compendio de criterios y especificaciones técnicas para la generación de datos e información de carácter fundamental.Imagenes digitales ortorectificadas fotogramétricamente.
- Ministerio de Cultura. (2016). Ministerio de Cultura. Recuperado el 07 de 2016, de <http://www.cultura.gob.pe/en/tags/drones-en-arqueologia>
- Ministerio de Cultura,PE. (03 de Marzo de 2014). Obtenido de <http://www.cultura.gob.pe/es/comunicacion/noticia/ministerio-de-cultura-emplea-drones-para-el-registro-fotogrametrico-de>
- Municipalidad Distrital de Barranco. (2012). ESTUDIO TECNICO:EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRE URBANO EN MATERIA DE VIVIENDA,CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO DE LA ZONA MONUMENTAL ESTE DEL DISTRITO DE BARRANCO - LIMA. Recuperado el 07 de 2016, de <http://www.munibarranco.gob.pe/pdf/DefensaCivil/Evaluacion%20Riesgo/EVALUACION%20DE%20RIESGO%20BARRANCO.pdf>

- Nunes Brito , J., & Coelho, L. (2007). Fotogrametría digital. Rio de Janeiro: EdUERJ. Recuperado el Mayo de 2015, de [http://www.efoto.eng.uerj.br/images/Documentos/fotogrametria\\_digital\\_revisado.pdf](http://www.efoto.eng.uerj.br/images/Documentos/fotogrametria_digital_revisado.pdf)
- Ortiz, J. (2012). Adquisición Modelo de Superficie Digital DSM de alta resolución de bajo costo.(Tesis grado magister).Universidad San Francisco de Quito. Recuperado el Junio de 2015, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1814>
- Peinado Checa, Fernández Morales, & Agustín Hernández. (2014). Recuperado el Noviembre de 2015, de [https://www.researchgate.net/publication/283585680\\_Combinacion\\_de\\_fotogrametria\\_terrestre\\_y\\_aerea\\_de\\_bajo\\_coste\\_el\\_levantamiento\\_tridimensional\\_de\\_la\\_iglesia\\_de\\_San\\_Miguel\\_de\\_Agreda\\_Soria](https://www.researchgate.net/publication/283585680_Combinacion_de_fotogrametria_terrestre_y_aerea_de_bajo_coste_el_levantamiento_tridimensional_de_la_iglesia_de_San_Miguel_de_Agreda_Soria)
- TodoPhantom. (2015). Recuperado el Enero de 2016, de <http://www.todophantom.com/manual-de-usuario-phantom-2-v2-0-enero-2015/#!prettyPhoto>
- TOPOGRAFIA. (2008). En P. R. Wolf, & C. D. Ghilani. Mexico: AlfaOmega Grupo Editor.
- Vozmendiano, D. M. (2006). Fotogrametría digital aplicada a la obtención de ortofotos y modelos. España. Obtenido de [https://addi.ehu.es/bitstream/10810/8334/3/ldgp\\_pfc007\\_DiegoV.pdf](https://addi.ehu.es/bitstream/10810/8334/3/ldgp_pfc007_DiegoV.pdf)
- Zuñiga Díaz, W. (2010). Topografía Geodesia y Cartografía. En W. Zuñiga Díaz, Topografía Geodesia y Cartografía (págs. 170-171). Lima: Grupo Universitario.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### ANÁLISIS DE POSICIONAMIENTO DEL MICRODRON

**Tabla N° 23. Hora local de encendido y apagado del microdron para el registro de datos.**

PUNTO	UBICACIÓN Campus Universitario de la UNMSM	INICIO DE REGISTRO GPS HORA LOCAL	FINAL DE REGISTRO GPS HORA LOCAL	OBSERVACIONES
P1	Frente a Facultad de Psicología en cruce de vías	18:49:30	18:54:41	El microdron se ubicó a 5cm del punto geográfico.
P2	Dentro de las instalaciones de la Facultad de Medicina Tropical	19:12:15	19:17:23	El microdron se ubicó a 10cm del punto geográfico.
P3	Instalaciones de la Facultad de Ingeniería de Sistemas	19:23:50	19:29:08	Ubicado en el punto
P4	Cercano a la puerta N°7 del campus universitario	19:45:25	19:50:40	Ubicado en el punto
P5	Instalaciones de la E.A.P Ingeniería Geográfica	19:58:00	20:03:15	Ubicado en el punto

**Fuente: Elaboración propia.**

## RESUMEN DEL PUNTO P1

La hora de inicio del registro según el UTC del microdron es de 07:50:03 a.m. a 07:54:43 a.m. e inicia con la lectura de 5 satélites.

**Cuadro N° 15. Resumen del registro del punto P1.**

P1				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
07:51:55 a.m.	07:53:56a.m.	436 (0.25 segundo aprox)	9,10 Y 11	
MEDIA PROBABLE DE LOS 436 REGISTROS DEL MICRODRON				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.0532757729	-77.08770464678	85.4243945m		
COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.053276	-77.0877143	61.143m		

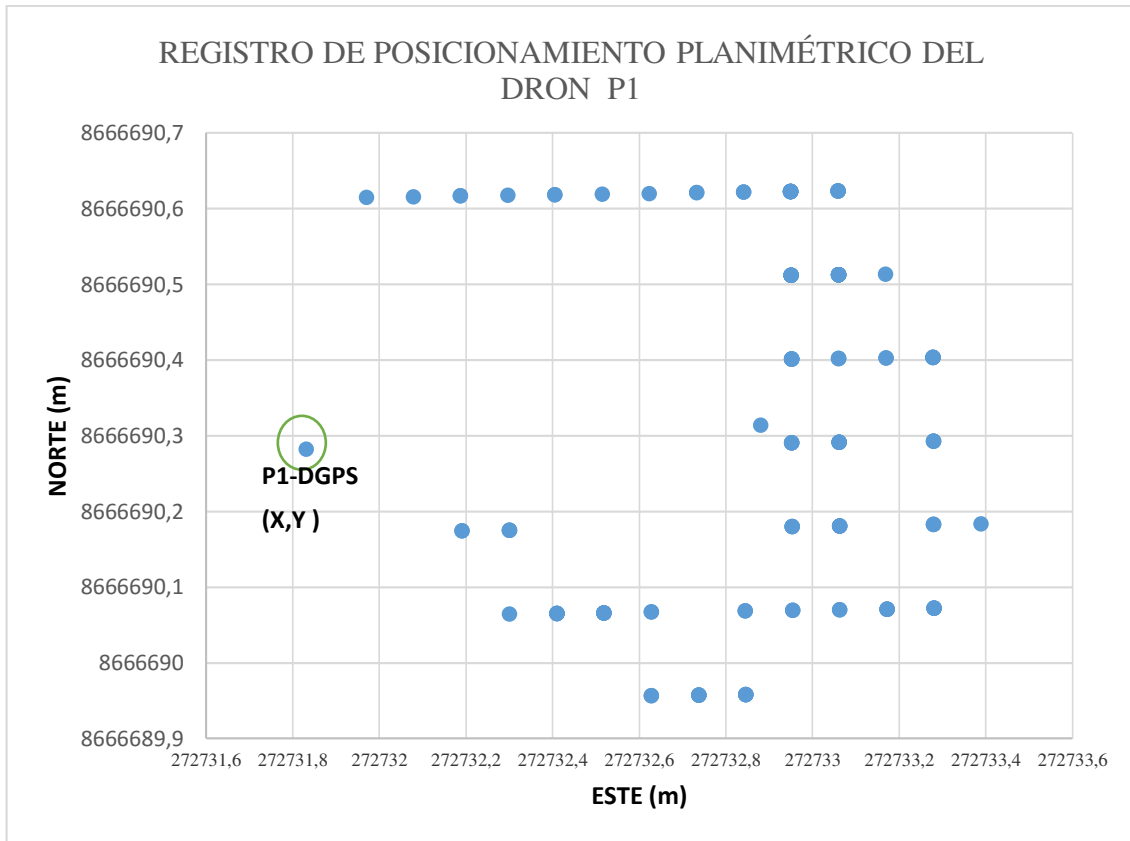
**Fuente: Elaboración propia.**

Debido a la que la unidad de medida empleada de captura de imágenes aéreas es de 1 segundo se realiza un filtro reduciendo los 436 registros a 120. Esto permitirá analizar parámetros estadísticos que contribuirá a interpretar la precisión de posicionamiento del microdron.

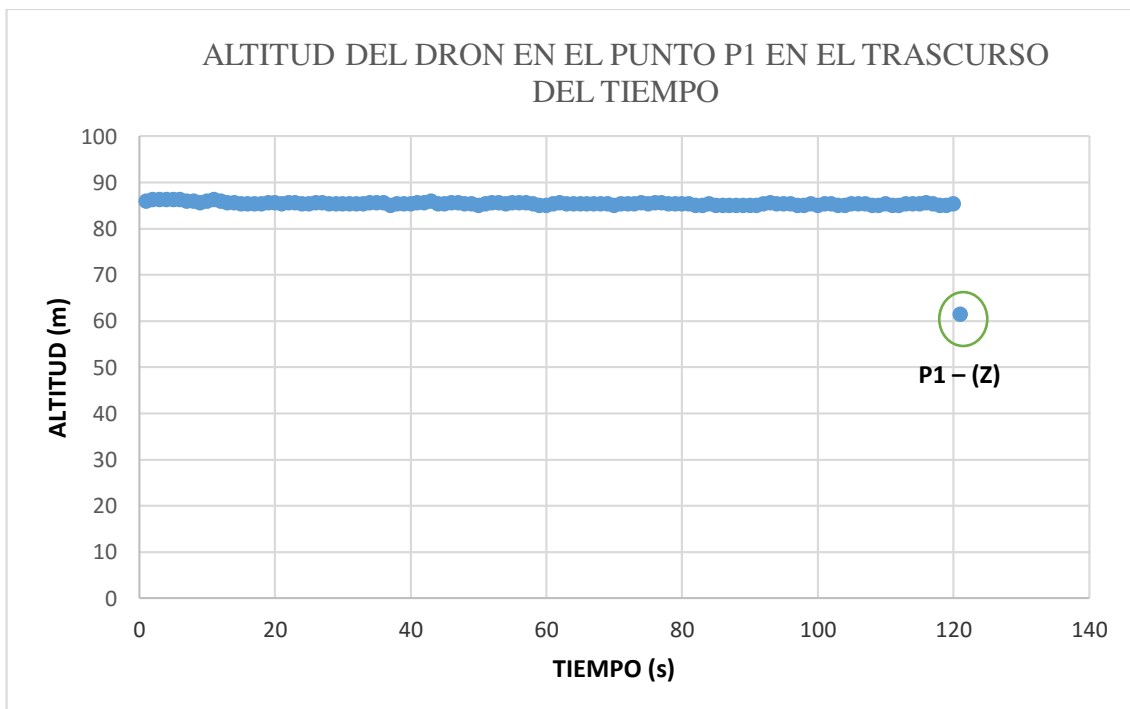
**Cuadro N° 16. Resumen de posicionamiento del punto P1.**

P1				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
07:51:55 a.m.	07:53:56a.m	120	9,10 Y 11	
VARIABLES	MEDIA PROBABLE DE LOS 120 REGISTROS DEL MICRODRON	COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL	DIFERENCIA DELTA	DIFERENCIA MÁXIMA DEL VALOR VERDADERO / DIFERENCIA MÍNIMA DEL VALOR VERDADERO
Norte	8666690.314m	8666690.282m	-0.062m	0.372m / 0.039m
Este	272732.881m	272731.831m	-1.106m	1.614m / 0.195m
Altitud	85.424m	61.143m	-24.288m	25.115m / 23.896m

**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura N° 110. Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P1.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 111. Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P1.**  
Fuente: Elaboración propia.

## RESUMEN DEL PUNTO P2

La hora de inicio del registro según el UTC del microdron es de 04:12:59 p.m. a 04:17:45 p.m. Inicia con la lectura de 5 satélites.

**Cuadro N° 17. Resumen del registro del punto P2.**

P2				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
04:15:16 p.m.	04:17:17 p.m.	432 (0.25 segundos)	10	
MEDIA PROBABLE DE LOS 432 REGISTROS DEL MICRODRON				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.05432302	-77.08783268	70.73894134m		
COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.053276	-77.087715	61.143m		

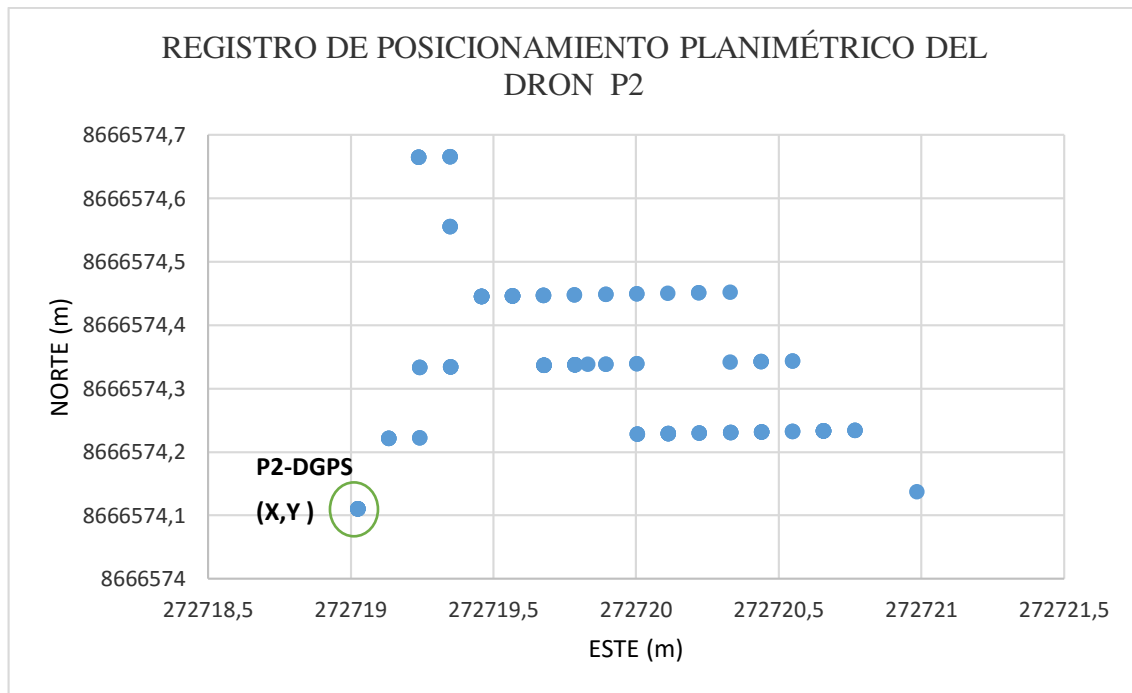
Fuente: Elaboración propia.

Debido a la que la unidad de medida mínima de captura de imágenes áreas es de 1 segundo se realiza un filtro reduciendo los 432 registros a 120. Esto permitirá analizar parámetros estadísticos que permitan interpretar la precisión de posicionamiento del microdron.

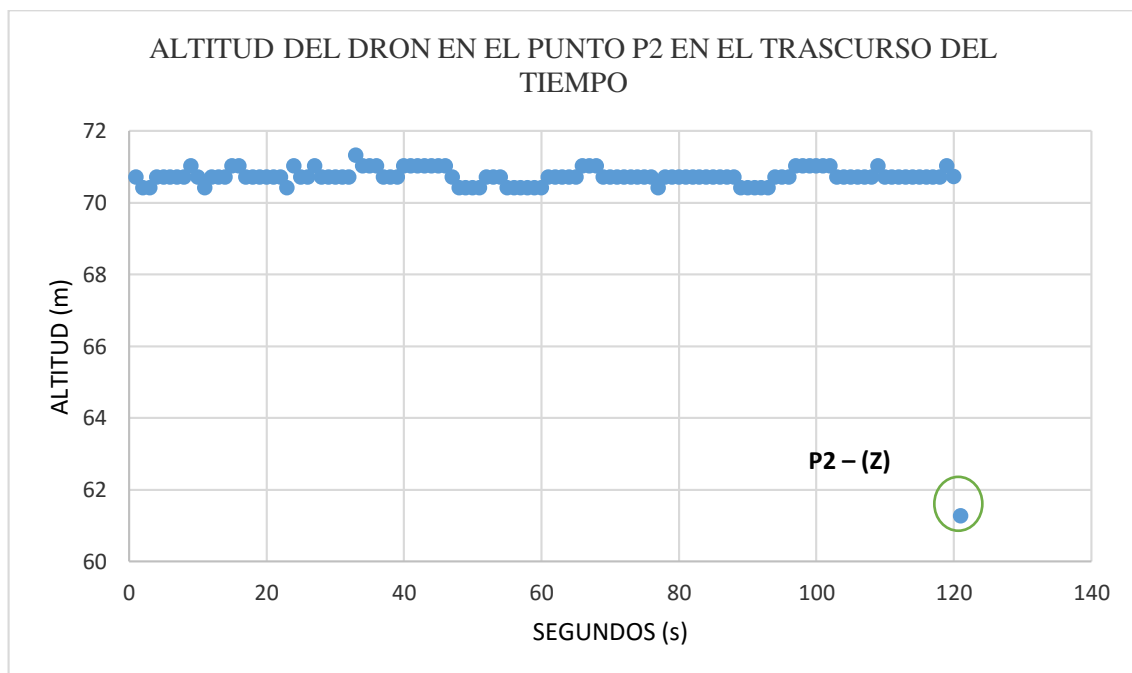
**Cuadro N° 18. Resumen de posicionamiento del punto P2.**

P2				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
07:51:55 a.m.	07:53:56a.m	120	10	
VARIABLES	MEDIA PROBABLE DE LOS 120 REGISTROS DEL MICRODRON	COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL	DIFERENCIA DELTA	DIFERENCIA MÁXIMA DEL VALOR VERDADERO / DIFERENCIA MÍNIMA DEL VALOR VERDADERO
Norte	8666574.339m	8666574.137m	-0.201m	0.529m / 0.027m
Este	272719.830m	272720.984m	+1.154m	1.959m / 0.217m
Altitud	70.731m	61.143m	-9.588m	10.046m / 9.132m

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 112. Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P2.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 113. Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P2.**  
Fuente: Elaboración propia.



## RESUMEN DEL PUNTO P3

La hora de inicio del registro según el UTC del microdron es de 04:24:35 p.m. a 04:29:32 p.m. inicia con la lectura de 5 satélites.

### ANÁLISIS DE DATOS REGISTRADOS POR EL MICRODRON

**Cuadro N°19. Resumen del registro del punto P3.**

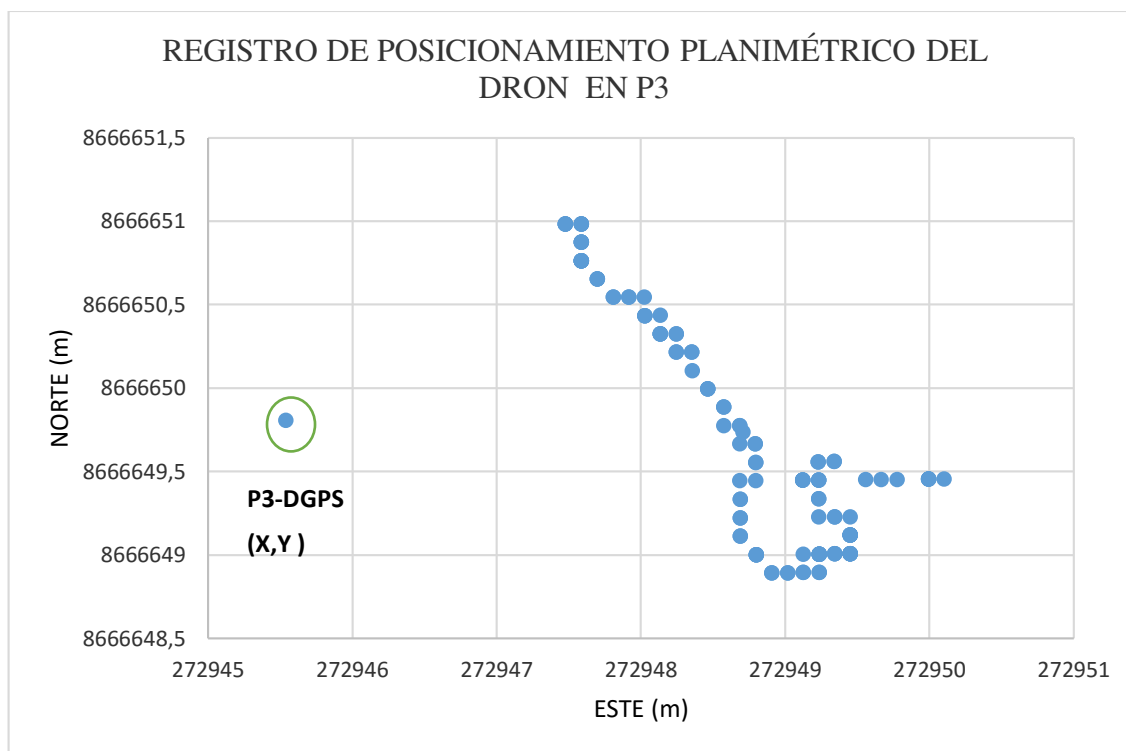
P3				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
4:27:10p.m.	4:29:11 p.m.	433 (0.25 segundos)	7,8,9 y 10	
MEDIA PROBABLE DE LOS 432 REGISTROS DEL MICRODRON				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.05365723	-77.08572597	116.242836m		
COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.05365656	-77.08575492	64.726m		

Fuente: Elaboración propia.

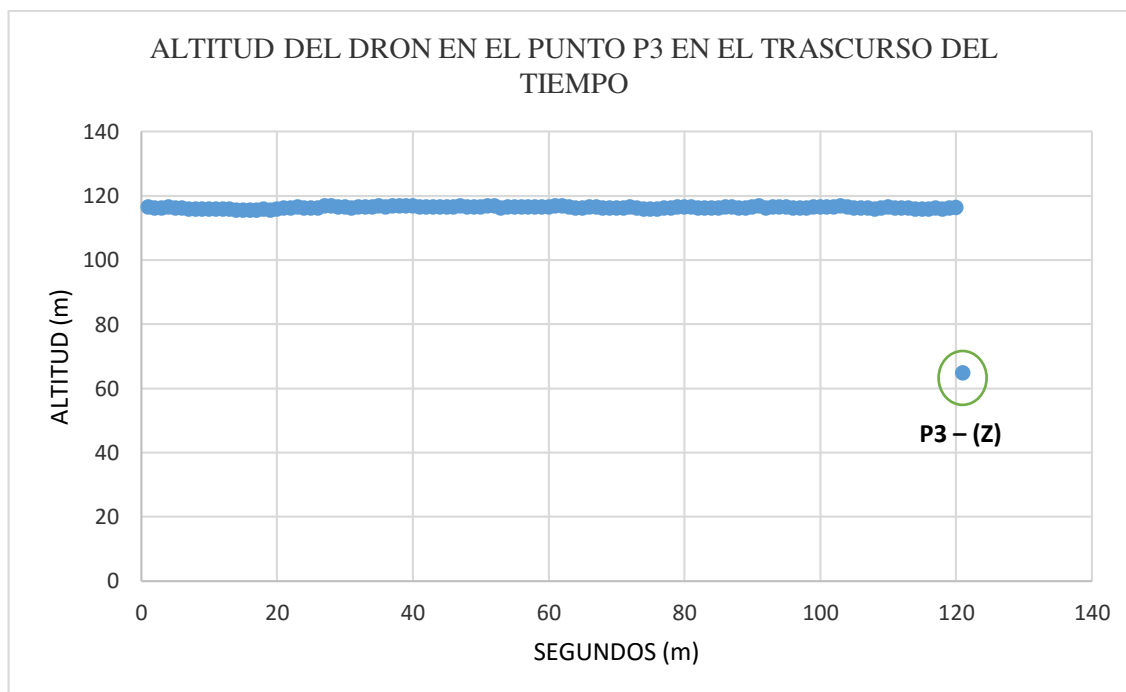
Debido a la que la unidad de medida mínima de captura de imágenes áreas es de 1 segundo se realiza un filtro reduciendo los 433 registros a 120. Esto permitirá analizar parámetros estadísticos que permitan interpretar la precisión de posicionamiento del microdron.

**Cuadro N° 40. Resumen de posicionamiento del punto P3.**

P3				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
07:51:55 a.m.	07:53:56 a.m	120	7,8,9 y 10	
VARIABLES	MEDIA PROBABLE DE LOS 120 REGISTROS DEL MICRODRON	COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL	DIFERENCIA DELTA	DIFERENCIA MÁXIMA DEL VALOR VERDADERO / DIFERENCIA MÍNIMA DEL VALOR VERDADERO
Norte	8666649.735m	8666649.805m	0.070m	1.178m / 0.031m
Este	272948.707m	272945.539m	3.168m	4.565m / 1.939m
Altitud	116.242m	64.726m	-51.516m	52.012 / 50.793m



**FIGURA N° 114. Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P3.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 115. Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P3.**  
Fuente: Elaboración propia.

## RESUMEN DEL PUNTO P4

La hora de inicio del de UTC registrado por el microdron es 04:46:17 p.m. a 04:51:05 p.m. inicia con la lectura de 8 satélites.

**Cuadro N° 51. Resumen del registro del punto P4.**

P4				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
04:48:30 p.m.	04:50:31 p.m.	428 (0.25 segundo)	8,9,10 y 11	
MEDIA PROBABLE DE LOS 432 REGISTROS DEL MICRODRON				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.0546554	-77.08360255	85.85247477m		
COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.05464729	-77.08361702	68.567m		

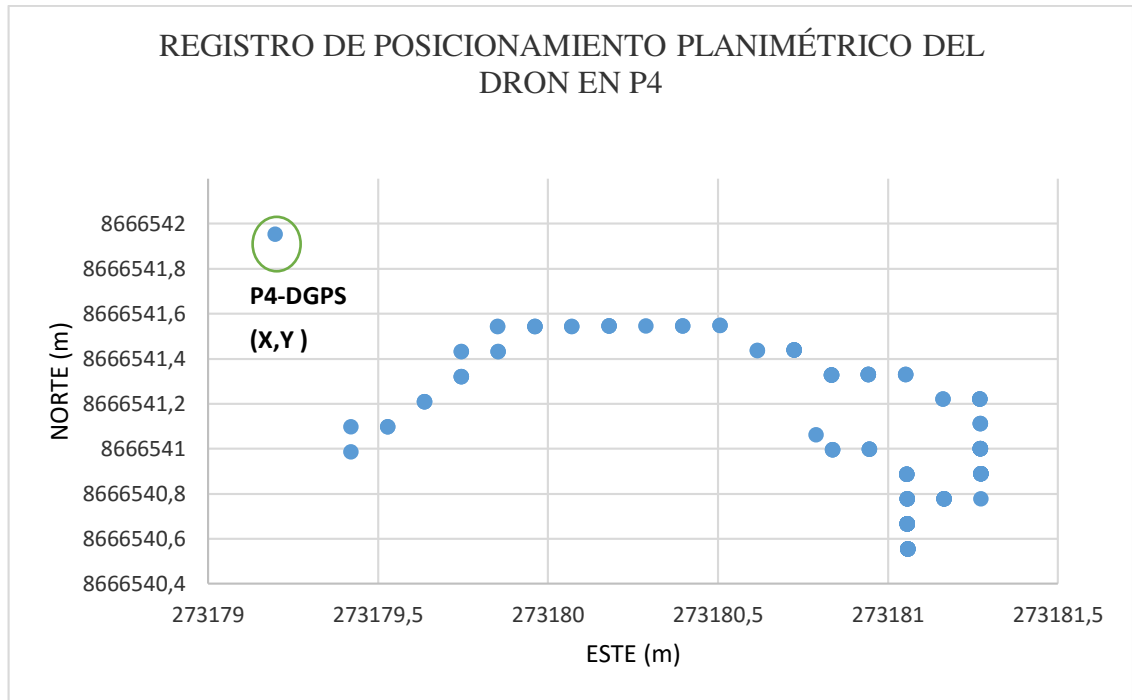
**Fuente: Elaboración propia.**

Debido a la que la unidad de medida mínima de captura de imágenes áreas es de 1 segundo se realiza un filtro reduciendo los 428 registros a 120. Esto permitirá analizar parámetros estadísticos que permitan interpretar la precisión de posicionamiento del microdron.

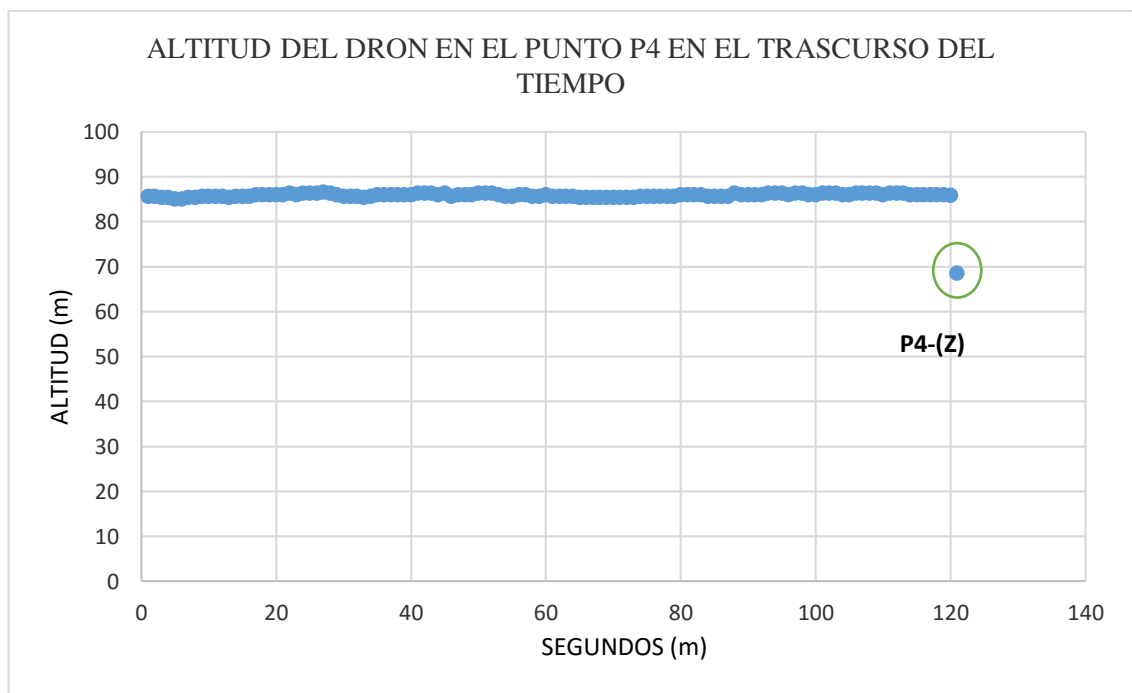
**Cuadro N° 22. Resumen de posicionamiento del punto P4.**

P4				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
04:48:30 p.m.	04:50:31 p.m.	120	8,9,10 y 11	
VARIABLES	MEDIA PROBABLE DE LOS 120 REGISTROS DEL MICRODRON	COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL	DIFERENCIA DELTA	DIFERENCIA MÁXIMA DEL VALOR VERDADERO / DIFERENCIA MÍNIMA DEL VALOR VERDADERO
Norte	8666541.062m	8666541.954m	0.892m	1.398m / 0.406m
Este	273180.789m	273179.197m	-1.592m	2.077m / 0.223m
Altitud	85.853m	68.567m	-17.286m	17.996m / 16.472m

**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura N° 116. Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P4.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 117. Precisión y exactitud altimétrica del dron en referencia al punto P4.**  
Fuente: Elaboración propia.

## RESUMEN DEL PUNTO P5

La hora de inicio del de UTC registrado por el microdron es 04:58:49 p.m.  
a 05:03:41 p.m. Inicia con la lectura de 13 satélites.

**Cuadro N° 63. Resumen del registro del punto P5.**

P5 - CASSINI				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
05:01:00 p.m.	05:03:01 p.m.	431	13	
MEDIA PROBABLE DE LOS 432 REGISTROS DEL MICRODRON				
Latitud	Longitud	Altitud		
-12.05539425	-77.0867151	78.10429444m		
COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL				
Latitud	Longitud	Altitud		
12.05538481	77.08671625	63.613m		

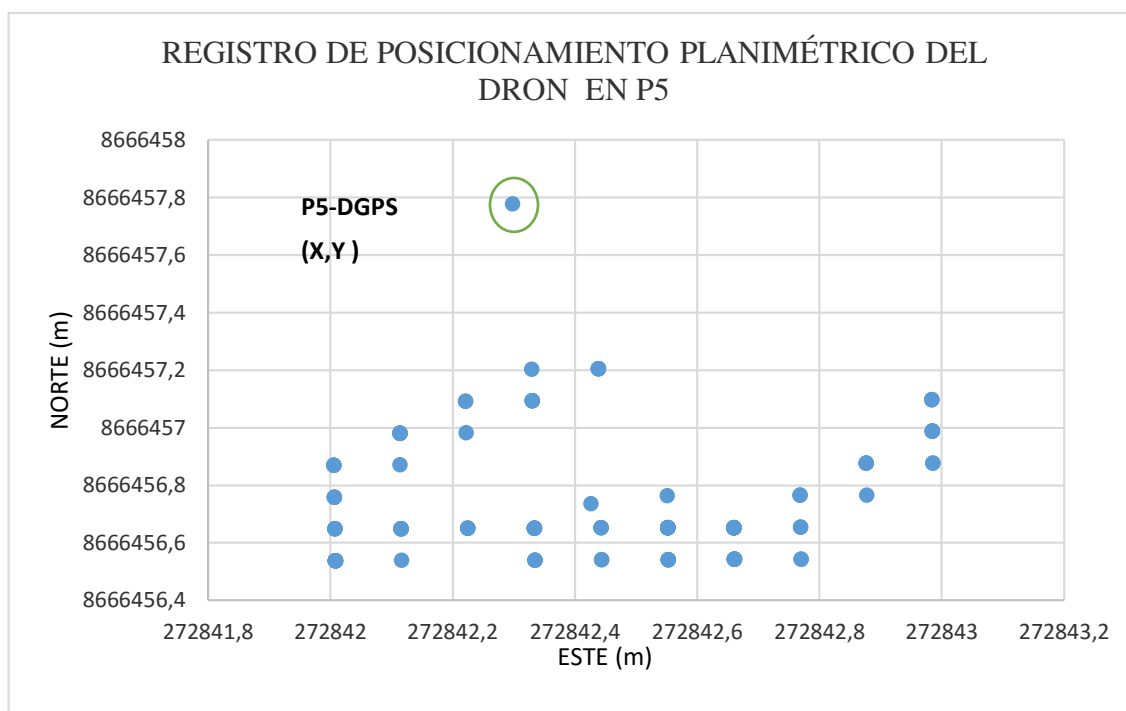
**Fuente: Elaboración propia.**

Debido a la que la unidad de medida mínima de captura de imágenes áreas es de 1 segundo se realiza un filtro reduciendo los 428 registros a 120. Esto permitirá analizar parámetros estadísticos que permitan interpretar la precisión de posicionamiento del microdron.

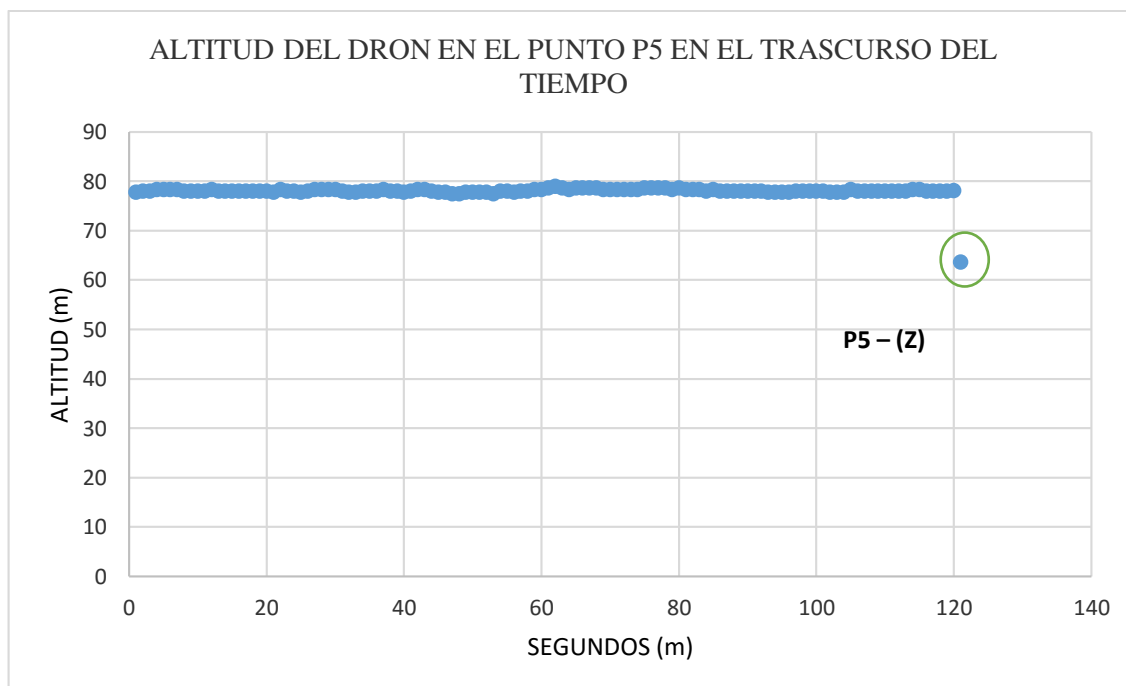
**Cuadro N° 24. Resumen de posicionamiento del punto P5.**

P5				
INTERVALO DE TIEMPO PARA ANÁLISIS DE POSICIÓN		CANTIDAD DE REGISTROS DE POSICIONAMIENTO	NUMERO DE SATÉLITES REGISTRADOS PARA POSICIONAMIENTO	
05:01:00p.m.	05:03:01 p.m.	120	13	
VARIABLES	MEDIA PROBABLE DE LOS 120 REGISTROS DEL MICRODRON	COORDENADA REAL DEL PUNTO DE CONTROL ESTABLECIDO CON MÉTODO DIFERENCIAL	DIFERENCIA DELTA	DIFERENCIA MÁXIMA DEL VALOR VERDADERO / DIFERENCIA MÍNIMA DEL VALOR VERDADERO
Norte	8666456.736m	8666457.779m	1.0433m	1.241m / 0.574m
Este	272842.427m	272842.298m	-0.129m	0.688m / 0.0317m
Altitud	78.102m	63.613m	-14.490m	15.330m / 13.806m

**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura N° 118. Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P5.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 119. Precisión y exactitud planimétrica del dron en referencia al punto P5.**  
Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 2

## CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS GEODÉSICOS

Equipos para Topografía, GPS y Laser,  
Control de Maquinaria para  
Construcción y Minería



**GEINCOR**  
Geomatic Instruments Corporation S.A.C.

### CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° 7866T/16

**OTORGADO A:**

**GEOCENTER INGENIEROS S.A.C.**

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	947-10341

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GPS BASE L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm
RECEPTOR GPS ROVER L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

\* Por línea base  
**GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC"** en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

**PATRON UTILIZADO:**  
 Receptor Master GPS Hiper L1/L2, RTK, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

**NOTA:**  
 Los receptores GPS antes mencionados son de fabricación Año 2012 y cuentan con las últimas tecnologías aplicadas a los sistemas GPS, los cuales son reconocidos en el Perú por su alta precisión y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una recalibración en el periodo máximo de 06 meses antes del 14 de Julio del 2016.

Santiago de Surco, 14 de Enero del 2016.



**CRISTHAN MENESES**  
Representante Legal



Nota: Tener en cuenta que la forma de transporte del Equipo es muy importante cuando se traslada, ya que el mal uso y el abuso hacen que se descalibren los mínimos.

Av. Paseo De La Castellana Nro. 567 - Surco  
 (01)448-1889 / (01)448-1891  
 995504199 / 944304242



geincor@terra.com.pe ✉  
 www.geincor.com 🌐  
 Síguenos en: 



Equipos para Topografía, GPS y Laser,  
Control de Maquinaria para  
Construcción y Minería



**GEINCOR**  
Geomatic Instruments Corporation S.A.C.

### CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° 7857T/16

**OTORGADO A:**

**GEOCENTER INGENIEROS SAC**

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	1118-20618

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GPS BASE L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm
RECEPTOR GPS ROVER L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

\* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

**PATRON UTILIZADO:**

Receptor Master GPS Hiper L1/L2, RTK, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

**NOTA:**

Los receptores GPS antes mencionados son de fabricación Año 2012 y cuentan con las últimas tecnologías aplicadas a los sistemas GPS, los cuales son reconocidos en el Perú por su alta precisión y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una recalibración en el periodo máximo de 06 meses antes del 08 de Julio del 2016.

Santiago de Surco, 09 de Enero del 2016



**CHRISTIAN MENESES P.**  
GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que la forma de transporte del Equipo es muy importante cuando se traslada, ya que el mal uso y el abuso hacen que se descalibren los mismos.

Av. Paseo De La Castellana Nro. 567 - Surco  
(01)448-1889 / (01)448-1891  
005504100 / 04 40061210




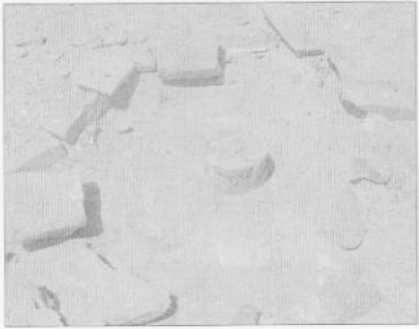
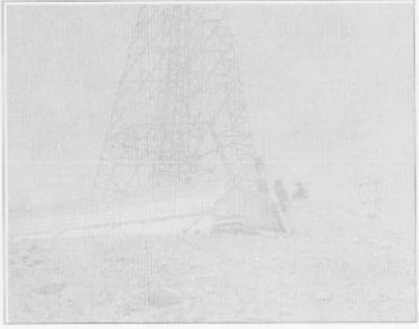

geincor@terra.com.pe ✉  
www.geincor.com 🌐  
Síguenos en: 📱 📺 📷 📞

TOPCON SOKKIA CREAFORM FARO Geomagic 3D SYSTEMS



## ANEXO 3

## CONTROL HORIZONTAL-PUNTO BASE

 <b>DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACIÓN GEODESICA GPS</b>				
Estación <b>PTO. CRUZ</b>	Lugar <b>MORRO SOLAR</b>	Distrito <b>CHORRILLOS</b>		Código <b>10.1.173</b>
Provincia <b>LIMA</b>	Departamento <b>LIMA</b>	Característica de la Marca <b>HITO DE CONCRETO</b>		Orden <b>C2-II</b>
Latitud sur <b>12° 10'04.48028"</b>	Longitud oeste <b>77° 02'07.80218"</b>	Altura Elipsoidal	Altura Geoidal <b>90,587</b>	Modelo Geoidal <b>EGM 96</b>
Norte(Y) <b>8' 654,049.443</b>	Este(X) <b>278,512.606</b>	N° Zona ( UTM) <b>18</b>	Merid. Central <b>75</b>	Datum Vertical <b>NMBSO</b>
Datum <b>WGS 84 / ITRF 94</b>		Elipsoide <b>WGS 84 / GRS 80</b>		Elevación <b>111,616</b>
<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA</b>				
<p>Para llegar a la estación <b>Pto. Cruz</b> se va por la carretera que da acceso al Morro Solar, de ahí se toma el desvío que va hacia el observatorio y el planetario solar, siguiendo por la carretera al final se encuentra una cruz. El punto se encuentra al noroeste de la cruz a 4.40 mts. del muro perimetrico.</p>				
<b>CARACTERISTICA DEL PUNTO.</b>				
<p>El hito es de concreto, esta pintado de color rojo de 35cm. de diametro en la cual sobresale un tubo de PVC de 11cm. de diametro x 8.5cm. de alto en el centro un perno de 1/2", esta pintado de color naranja y tiene la siguiente inscripción "<b>DHNM-EST.PTO. CRUZ-GPS-NOV 96</b>".</p>				
Fuente:Reporte GPS Trimble 5700 del 09/03/2007.				
				
Descrita por <b>OM3 Hid. Miguel PACHAS Quispe</b>		Fecha <b>09-03-07</b>		
<b>DEPARTAMENTO DE HIDROGRAFIA</b> <b>ARCHIVO</b>		21/07/2011  Alférez de Fragata <b>Oswaldo GARCIA Tello</b> 00028320		

## ANEXO 4

## CONTROL VERTICAL-DATUM VERTICAL

**INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL**  
DIRECCION DE GEODESIA

23-06-14  
*[Firma]*

**DESCRIPCION DE MARCA DE COTA FIJA (BM)**

DEPARTAMENTO: LIMA	CARACTERISTICAS: DISCO DE BRONCE DE 9 CM DE DIAMETRO	DESIGNACION: M.S.1
PROVINCIA: LIMA	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL	ELEVACION (M) 82.2032
LINEA: LIMA - METROPOLITANA	CÓDIGO DE HOJA: Plano de Lima Esc. 1/25 000 Hoja N° 5	ORDEN: 1 er
TRAMO: Morro Solar	ESTAMPADO: M.S.1 - 2001	DATUM: S N M M

**CROQUIS**

**DESCRIPCIÓN:**

En el Malecón Iglesias frente al Club Regatas lima, partiendo del BM LM BP.3 tienda METRO de Chorrillos. La marca está a 2.62 Km. incrustada sobre la vereda de concreto de la berma central a 1.50 m. del eje de la avenida.

**MARCA DE COTA FIJA**

Es un disco de bronce de 9 cm. de diámetro incrustado sobre una vereda de concreto de 4.50 m de largo, por 2.40 de ancho y a 0.20 m.más alto con respecto al nivel de la pista.

**REFERENCIAS:**

1. Desde un poste de alumbrado público, con azimuth magnético 290° está a 07.50 m.
2. Desde un poste de alumbrado público, con azimuth magnético 170° está a 08.50 m.
3. Desde otro poste de alumbrado público, con azimuth magnético 150° está a 07.50 m.

El terreno alrededor es plano y urbanizado

DESCRITA / RECUPERADA POR: J.SANCHEZ / H.SAAVEDRA	JEFE PROYECTO: TTE J. SAENZ A.	REVISADO: TC J. BEDOYA B.	FECHA: 13-SETIEMBRE-01
--	-----------------------------------	------------------------------	---------------------------

## ANEXO 5




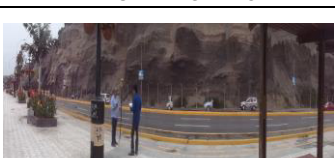
### FICHA - PUNTOS DE FOTOCONTROL

VUELO 1- PLAYAS SOMBRILLAS Y YUYOS - 12/04/2016										
PUNTO 1	1A	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma(m)$	ESTE (m)	$\sigma(m)$	ALTITUD (m)	$\sigma(m)$	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655867.421	-0.002	279664.9418	0.001	4.644	0.001		
		2	8655867.415	0.004	279664.9433	-0.001	4.644	0.001		
		3	8655867.415	0.004	279664.9349	0.008	4.646	-0.001		
		4	8655867.425	-0.005	279664.9454	-0.003	4.646	-0.001		
		5	8655867.423	-0.003	279664.9439	-0.001	4.647	-0.002		
		6	8655867.417	0.003	279664.9455	-0.003	4.644	0.001		
		MEDIA	8655867.419	0.004	279664.9425	0.004	4.645	0.001		
PUNTO 2	1B	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma(m)$	ESTE (m)	$\sigma(m)$	ALTITUD (m)	$\sigma(m)$	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655830.764	-0.006	279604.487	-0.001	1.333	-0.001		
		2	8655830.754	0.004	279604.4842	0.001	1.334	-0.002		
		3	8655830.753	0.006	279604.4868	-0.001	1.333	-0.001		
		4	8655830.758	0.001	279604.4863	-0.001	1.333	0.000		
		5	8655830.764	-0.005	279604.4867	-0.001	1.327	0.006		
		6	8655830.759	0.000	279604.4827	0.003	1.335	-0.003		
		MEDIA	8655830.758	0.005	279604.4856	0.002	1.332	0.003		
PUNTO 3	1C	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma(m)$	ESTE (m)	$\sigma(m)$	ALTITUD (m)	$\sigma(m)$	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655836.26	0.001	279659.2481	0.010	4.460	-0.001		
		2	8655836.261	0.000	279659.2542	0.004	4.459	0.000		
		3	8655836.262	-0.002	279659.261	-0.003	4.461	-0.002		
		4	8655836.254	0.007	279659.2629	-0.005	4.458	0.001		
		5	8655836.261	-0.001	279659.2627	-0.005	4.457	0.002		
		6	8655836.266	-0.005	279659.2584	-0.001	4.458	0.000		
		MEDIA	8655836.261	0.004	279659.2579	0.006	4.459	0.001		
PUNTO 4	1D	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma(m)$	ESTE (m)	$\sigma(m)$	ALTITUD (m)	$\sigma(m)$	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655819.214	-0.006	279673.8205	0.008	4.384	0.001		
		2	8655819.213	-0.006	279673.825	0.003	4.381	0.004		
		3	8655819.203	0.005	279673.821	0.007	4.382	0.004		
		4	8655819.206	0.001	279673.8305	-0.002	4.386	-0.001		
		5	8655819.202	0.005	279673.8359	-0.008	4.386	0.000		
		6	8655819.207	0.001	279673.8355	-0.007	4.393	-0.008		
		MEDIA	8655819.207	0.005	279673.8281	0.007	4.385	0.004		
PUNTO 5	1E	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma(m)$	ESTE (m)	$\sigma(m)$	ALTITUD (m)	$\sigma(m)$	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655787.51	0.000	279677.4911	-0.008	4.080	0.004		
		2	8655787.51	0.000	279677.4777	0.006	4.084	0.001		
		3	8655787.51	0.000	279677.4903	-0.007	4.088	-0.003		
		4	8655787.513	-0.003	279677.4825	0.001	4.086	-0.002		
		5	8655787.513	-0.002	279677.4749	0.009	4.085	-0.001		
		6	8655787.506	0.005	279677.484	-0.001	4.083	0.001		
		MEDIA	8655787.51	0.003	279677.4834	0.007	4.085	0.003		
PUNTO 6	1F	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma(m)$	ESTE (m)	$\sigma(m)$	ALTITUD (m)	$\sigma(m)$	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655756.587	-0.001	279673.9781	-0.005	4.083	0.001		
		2	8655756.587	-0.001	279673.9773	-0.004	4.086	-0.002		
		3	8655756.584	0.002	279673.9743	-0.001	4.089	-0.005		
		4	8655756.585	0.001	279673.9704	0.003	4.081	0.003		
		5	8655756.583	0.003	279673.966	0.007	4.080	0.004		
		6	8655756.589	-0.003	279673.9713	0.002	4.085	-0.001		
		MEDIA	8655756.586	0.002	279673.9729	0.005	4.084	0.004		



PUNTO 7	1G	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655722.562	0.002	279677.5561	0.000	4.043	-0.005		
		2	8655722.563	0.001	279677.5626	-0.006	4.042	-0.004		
		3	8655722.56	0.004	279677.5642	-0.008	4.039	-0.001		
		4	8655722.564	0.000	279677.552	0.004	4.032	0.006		
		5	8655722.566	-0.002	279677.5541	0.002	4.039	-0.001		
		6	8655722.569	-0.005	279677.5494	0.007	4.035	0.003		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655722.564</b>	<b>0.003</b>	<b>279677.5564</b>	<b>0.006</b>	<b>4.038</b>	<b>0.004</b>		
PUNTO 8	1H	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655711.513	-0.023	279688.4743	0.021	3.776	0.002		
		2	8655711.497	-0.007	279688.5039	-0.009	3.774	0.004		
		3	8655711.488	0.002	279688.4989	-0.004	3.786	-0.007		
		4	8655711.486	0.003	279688.4982	-0.003	3.777	0.001		
		5	8655711.478	0.012	279688.498	-0.003	3.776	0.002		
		6	8655711.476	0.014	279688.4956	-0.001	3.780	-0.002		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655711.49</b>	<b>0.014</b>	<b>279688.4948</b>	<b>0.010</b>	<b>3.778</b>	<b>0.004</b>		
PUNTO 9	1I	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655659.602	0.008	279671.958	0.001	3.946	-0.005		
		2	8655659.609	0.001	279671.9593	-0.001	3.938	0.003		
		3	8655659.61	0.000	279671.9589	0.000	3.943	-0.003		
		4	8655659.614	-0.003	279671.9603	-0.002	3.935	0.005		
		5	8655659.612	-0.001	279671.9574	0.001	3.940	0.000		
		6	8655659.616	-0.006	279671.9578	0.001	3.941	0.000		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655659.611</b>	<b>0.005</b>	<b>279671.9586</b>	<b>0.001</b>	<b>3.940</b>	<b>0.004</b>		

PUNTO 10	1J	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655576.046	-0.002	279653.3914	0.000	3.970	-0.004		
		2	8655576.053	-0.009	279653.3832	0.008	3.967	-0.001		
		3	8655576.044	0.000	279653.389	0.002	3.962	0.003		
		4	8655576.038	0.006	279653.3935	-0.002	3.962	0.003		
		5	8655576.044	-0.001	279653.394	-0.003	3.967	-0.002		
		6	8655576.038	0.006	279653.3959	-0.005	3.964	0.001		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655576.044</b>	<b>0.006</b>	<b>279653.3912</b>	<b>0.005</b>	<b>3.965</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 11	1K	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655558.974	-0.026	279589.9043	0.045	2.801	-0.004		
		2	8655558.934	0.014	279589.9245	0.025	2.787	0.010		
		3	8655558.954	-0.005	279589.9435	0.006	2.789	0.008		
		4	8655558.942	0.006	279589.9664	-0.017	2.797	0.000		
		5	8655558.95	-0.002	279589.9766	-0.028	2.804	-0.006		
		6	8655558.936	0.012	279589.9792	-0.030	2.805	-0.008		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655558.948</b>	<b>0.015</b>	<b>279589.9491</b>	<b>0.030</b>	<b>2.797</b>	<b>0.008</b>		
PUNTO 12	1L	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655422.089	0.007	279624.2363	0.000	3.528	0.003		
		2	8655422.106	-0.010	279624.2282	0.008	3.529	0.002		
		3	8655422.098	-0.002	279624.2221	0.014	3.528	0.003		
		4	8655422.096	0.000	279624.2372	-0.001	3.533	-0.002		
		5	8655422.092	0.004	279624.2463	-0.010	3.535	-0.004		
		6	8655422.094	0.002	279624.2475	-0.011	3.532	-0.001		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655422.096</b>	<b>0.006</b>	<b>279624.2363</b>	<b>0.010</b>	<b>3.531</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 13	1M	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655421.423	0.016	279619.3378	0.005	3.562	0.008		
		2	8655421.433	0.007	279619.3422	0.000	3.566	0.004		
		3	8655421.444	-0.005	279619.3359	0.007	3.574	-0.005		
		4	8655421.445	-0.006	279619.3443	-0.002	3.578	-0.008		
		5	8655421.441	-0.002	279619.348	-0.005	3.569	0.000		
		6	8655421.45	-0.011	279619.3478	-0.005	3.569	0.001		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655421.439</b>	<b>0.010</b>	<b>279619.3427</b>	<b>0.005</b>	<b>3.570</b>	<b>0.006</b>		

PUNTO 14	IN	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655408.666	0.010	279550.8161	-0.004	2.873	-0.001		
		2	8655408.674	0.001	279550.8179	-0.006	2.868	0.005		
		3	8655408.68	-0.004	279550.8137	-0.002	2.870	0.003		
		4	8655408.677	-0.002	279550.8112	0.001	2.871	0.001		
		5	8655408.677	-0.001	279550.8047	0.007	2.876	-0.004		
		6	8655408.68	-0.005	279550.8077	0.004	2.877	-0.004		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655408.676</b>	<b>0.005</b>	<b>279550.8119</b>	<b>0.005</b>	<b>2.873</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 15	IO	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655411.941	-0.019	279491.8506	-0.001	2.467	-0.001		
		2	8655411.942	-0.020	279491.8461	0.003	2.470	-0.004		
		3	8655411.926	-0.004	279491.8517	-0.002	2.465	0.000		
		4	8655411.919	0.003	279491.8477	0.002	2.463	0.002		
		5	8655411.908	0.014	279491.8485	0.001	2.464	0.002		
		6	8655411.894	0.027	279491.8521	-0.003	2.465	0.001		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655411.921</b>	<b>0.019</b>	<b>279491.8495</b>	<b>0.002</b>	<b>2.466</b>	<b>0.002</b>		
PUNTO 16	1P	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655411.464	-0.001	279466.3769	-0.012	2.071	-0.005		
		2	8655411.46	0.003	279466.3686	-0.003	2.061	0.004		
		3	8655411.459	0.004	279466.3625	0.003	2.058	0.008		
		4	8655411.464	-0.001	279466.3591	0.006	2.062	0.003		
		5	8655411.465	-0.002	279466.3621	0.003	2.074	-0.008		
		6	8655411.466	-0.003	279466.3629	0.002	2.068	-0.002		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655411.463</b>	<b>0.003</b>	<b>279466.3654</b>	<b>0.006</b>	<b>2.066</b>	<b>0.006</b>		
PUNTO 17	1Q	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655404.082	0.013	279549.0731	0.006	2.942	-0.005		
		2	8655404.094	0.002	279549.082	-0.003	2.941	-0.004		
		3	8655404.104	-0.009	279549.0865	-0.008	2.937	0.001		
		4	8655404.095	0.000	279549.0843	-0.005	2.934	0.004		
		5	8655404.094	0.002	279549.0775	0.001	2.938	0.000		
		6	8655404.103	-0.008	279549.0699	0.009	2.933	0.005		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655404.096</b>	<b>0.008</b>	<b>279549.0789</b>	<b>0.007</b>	<b>2.937</b>	<b>0.004</b>		
PUNTO 18	1R	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655300.315	-0.011	279567.9581	-0.023	2.740	0.000		
		2	8655300.308	-0.005	279567.9429	-0.008	2.742	-0.002		
		3	8655300.303	0.001	279567.9297	0.005	2.741	-0.001		
		4	8655300.297	0.006	279567.9286	0.006	2.745	-0.005		
		5	8655300.298	0.005	279567.9228	0.012	2.737	0.003		
		6	8655300.3	0.004	279567.928	0.007	2.736	0.004		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655300.303</b>	<b>0.007</b>	<b>279567.935</b>	<b>0.013</b>	<b>2.740</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 19	1S	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655176.462	0.026	279540.4957	-0.002	2.736	0.000		
		2	8655176.486	0.002	279540.4923	0.001	2.734	0.002		
		3	8655176.491	-0.003	279540.4884	0.005	2.733	0.003		
		4	8655176.499	-0.011	279540.4933	0.000	2.734	0.002		
		5	8655176.494	-0.006	279540.4945	-0.001	2.737	-0.001		
		6	8655176.497	-0.009	279540.4957	-0.002	2.741	-0.005		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655176.488</b>	<b>0.014</b>	<b>279540.4933</b>	<b>0.003</b>	<b>2.736</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 20	1T	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655204.773	-0.007	279628.5743	0.003	3.631	-0.011		
		2	8655204.772	-0.006	279628.5817	-0.005	3.624	-0.003		
		3	8655204.76	0.007	279628.5776	-0.001	3.616	0.005		
		4	8655204.763	0.003	279628.5791	-0.002	3.618	0.003		
		5	8655204.759	0.007	279628.577	0.000	3.620	0.001		
		6	8655204.77	-0.004	279628.5719	0.005	3.616	0.005		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655204.766</b>	<b>0.006</b>	<b>279628.5769</b>	<b>0.003</b>	<b>3.621</b>	<b>0.006</b>		

VUELO 2 - PLAYAS BARRANCO Y LOS PAVOS - 12/04/2016										
PUNTO 1	2A	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656551.792	0.003	279564.033	0.015	4.515	0.001		
		2	8656551.804	-0.010	279564.053	-0.005	4.516	0.000		
		3	8656551.797	-0.002	279564.047	0.001	4.519	-0.003		
		4	8656551.793	0.001	279564.050	-0.002	4.513	0.002		
		5	8656551.791	0.003	279564.054	-0.006	4.517	-0.002		
		6	8656551.789	0.005	279564.049	-0.002	4.514	0.002		
		MEDIA	8656551.795	0.005	279564.047	0.008	4.516	0.002		
PUNTO 2	2B	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656530.334	-0.021	279478.662	-0.006	2.098	0.003		
		2	8656530.315	-0.002	279478.659	-0.002	2.103	-0.002		
		3	8656530.314	-0.001	279478.653	0.003	2.104	-0.004		
		4	8656530.308	0.005	279478.656	0.000	2.102	-0.002		
		5	8656530.301	0.012	279478.657	0.000	2.096	0.005		
		6	8656530.305	0.008	279478.652	0.004	2.101	0.000		
		MEDIA	8656530.313	0.012	279478.657	0.004	2.100	0.003		
PUNTO 3	2C	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656525.982	0.005	279561.258	-0.005	4.325	0.001		
		2	8656525.989	-0.003	279561.254	0.000	4.327	-0.001		
		3	8656525.987	0.000	279561.257	-0.003	4.327	-0.001		
		4	8656525.988	-0.001	279561.253	0.000	4.324	0.002		
		5	8656525.986	0.001	279561.252	0.001	4.326	0.000		
		6	8656525.99	-0.003	279561.247	0.006	4.327	-0.001		
		MEDIA	8656525.987	0.003	279561.254	0.004	4.326	0.001		
PUNTO 4	2D	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656476.301	0.002	279574.490	-0.005	4.150	-0.001		
		2	8656476.301	0.002	279574.485	0.000	4.152	-0.002		
		3	8656476.303	-0.001	279574.483	0.002	4.147	0.003		
		4	8656476.302	0.001	279574.482	0.003	4.152	-0.003		
		5	8656476.304	-0.001	279574.483	0.001	4.151	-0.001		
		6	8656476.306	-0.003	279574.486	-0.001	4.147	0.003		
		MEDIA	8656476.303	0.002	279574.485	0.003	4.150	0.002		
PUNTO 5	2E	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656461.606	-0.007	279588.686	0.000	4.296	0.000		
		2	8656461.603	-0.004	279588.684	0.003	4.294	0.002		
		3	8656461.602	-0.003	279588.685	0.001	4.295	0.001		
		4	8656461.594	0.005	279588.693	-0.006	4.294	0.002		
		5	8656461.595	0.004	279588.689	-0.003	4.297	-0.001		
		6	8656461.595	0.004	279588.683	0.004	4.300	-0.004		
		MEDIA	8656461.599	0.005	279588.687	0.004	4.296	0.002		
PUNTO 6	2F	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656422.074	0.000	279602.193	-0.008	4.265	0.000		
		2	8656422.076	-0.003	279602.191	-0.006	4.263	0.002		
		3	8656422.077	-0.004	279602.186	-0.001	4.261	0.004		
		4	8656422.072	0.001	279602.180	0.005	4.266	-0.001		
		5	8656422.069	0.004	279602.179	0.006	4.270	-0.005		
		6	8656422.072	0.002	279602.181	0.004	4.264	0.000		
		MEDIA	8656422.073	0.003	279602.185	0.006	4.265	0.003		
PUNTO 7	2G	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656350.522	0.003	279629.187	-0.002	3.973	0.002		
		2	8656350.52	0.005	279629.182	0.003	3.976	-0.001		
		3	8656350.524	0.001	279629.182	0.003	3.979	-0.004		
		4	8656350.527	-0.002	279629.185	0.000	3.974	0.001		
		5	8656350.526	-0.001	279629.187	-0.002	3.976	-0.001		
		6	8656350.53	-0.005	279629.185	0.000	3.971	0.003		
		MEDIA	8656350.525	0.004	279629.185	0.002	3.975	0.003		
PUNTO 8	2H	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656297.199	-0.009	279648.126	-0.005	4.125	0.000		
		2	8656297.199	-0.009	279648.122	0.000	4.120	0.005		
		3	8656297.19	0.000	279648.120	0.002	4.123	0.002		
		4	8656297.182	0.008	279648.120	0.002	4.129	-0.004		
		5	8656297.187	0.003	279648.122	0.000	4.129	-0.004		
		6	8656297.185	0.005	279648.121	0.001	4.123	0.002		
		MEDIA	8656297.191	0.007	279648.122	0.002	4.125	0.004		



PUNTO 9	2I	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656230.207	0.002	279663.665	-0.002	4.180	0.005		
		2	8656230.203	0.005	279663.666	-0.003	4.185	0.000		
		3	8656230.21	-0.002	279663.661	0.002	4.184	0.002		
		4	8656230.21	-0.001	279663.665	-0.002	4.186	0.000		
		5	8656230.211	-0.002	279663.660	0.003	4.190	-0.005		
		6	8656230.212	-0.003	279663.661	0.002	4.187	-0.002		
		MEDIA	8656230.209	0.003	279663.663	0.002	4.185	0.004		
PUNTO 10	2J	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656230.607	0.001	279669.583	-0.005	4.007	-0.003		
		2	8656230.607	0.000	279669.570	0.007	4.006	-0.001		
		3	8656230.605	0.002	279669.576	0.002	3.999	0.005		
		4	8656230.599	0.008	279669.579	-0.002	4.002	0.002		
		5	8656230.612	-0.005	279669.578	0.000	4.002	0.002		
		6	8656230.614	-0.007	279669.579	-0.001	4.009	-0.005		
		MEDIA	8656230.607	0.005	279669.577	0.004	4.004	0.003		
PUNTO 11	2K	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656219.865	0.009	279642.546	-0.001	2.403	-0.001		
		2	8656219.882	-0.008	279642.541	0.004	2.400	0.002		
		3	8656219.876	-0.002	279642.544	0.002	2.407	-0.006		
		4	8656219.871	0.003	279642.548	-0.003	2.403	-0.001		
		5	8656219.876	-0.002	279642.544	0.001	2.400	0.002		
		6	8656219.874	0.000	279642.548	-0.003	2.398	0.004		
		MEDIA	8656219.874	0.006	279642.545	0.003	2.402	0.003		
PUNTO 12	2L	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656154.244	0.007	279684.933	0.002	4.055	0.002		
		2	8656154.253	-0.002	279684.940	-0.004	4.057	0.000		
		3	8656154.253	-0.002	279684.937	-0.001	4.060	-0.003		
		4	8656154.253	-0.002	279684.939	-0.003	4.059	-0.002		
		5	8656154.252	-0.001	279684.931	0.004	4.053	0.005		
		6	8656154.25	0.001	279684.934	0.001	4.059	-0.002		
		MEDIA	8656154.251	0.003	279684.936	0.003	4.057	0.003		
PUNTO 13	2M	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656118.244	0.002	279672.549	0.003	4.123	0.000		
		2	8656118.246	0.000	279672.554	-0.002	4.123	0.000		
		3	8656118.248	-0.002	279672.550	0.002	4.125	-0.002		
		4	8656118.248	-0.002	279672.555	-0.004	4.124	0.000		
		5	8656118.247	-0.001	279672.551	0.001	4.122	0.002		
		6	8656118.243	0.003	279672.552	0.000	4.123	0.000		
		MEDIA	8656118.246	0.002	279672.552	0.003	4.123	0.001		
PUNTO 14	2N	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656112.398	-0.007	279687.282	0.010	6.242	0.015		
		2	8656112.392	-0.001	279687.282	0.010	6.258	-0.001		
		3	8656112.393	-0.002	279687.290	0.002	6.258	-0.001		
		4	8656112.391	0.001	279687.296	-0.004	6.261	-0.004		
		5	8656112.387	0.005	279687.305	-0.013	6.265	-0.008		
		6	8656112.387	0.005	279687.295	-0.004	6.256	0.000		
		MEDIA	8656112.391	0.004	279687.292	0.009	6.257	0.008		
PUNTO 15	2O	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656114.395	0.005	279692.815	-0.017	9.294	0.002		
		2	8656114.407	-0.007	279692.802	-0.004	9.295	0.002		
		3	8656114.401	-0.001	279692.796	0.002	9.297	-0.001		
		4	8656114.398	0.002	279692.792	0.006	9.297	-0.001		
		5	8656114.404	-0.004	279692.789	0.009	9.298	-0.002		
		6	8656114.395	0.005	279692.794	0.004	9.296	0.000		
		MEDIA	8656114.4	0.005	279692.798	0.009	9.296	0.001		
PUNTO 16	2P	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656111.86	0.000	279720.225	0.008	9.809	-0.050		
		2	8656111.867	-0.008	279720.240	-0.007	9.750	0.008		
		3	8656111.864	-0.004	279720.229	0.004	9.749	0.009		
		4	8656111.857	0.003	279720.234	-0.001	9.753	0.005		
		5	8656111.851	0.009	279720.235	-0.002	9.758	0.000		
		6	8656111.859	0.000	279720.235	-0.002	9.731	0.028		
		MEDIA	8656111.86	0.006	279720.233	0.005	9.758	0.026		

PUNTO 17	2Q	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656048.669	0.011	279677.820	0.002	4.198	0.002		
		2	8656048.675	0.005	279677.826	-0.003	4.205	-0.006		
		3	8656048.676	0.004	279677.830	-0.007	4.199	0.001		
		4	8656048.686	-0.006	279677.816	0.006	4.200	-0.001		
		5	8656048.689	-0.009	279677.820	0.002	4.198	0.001		
		6	8656048.685	-0.005	279677.823	0.000	4.197	0.002		
		<b>MEDIA</b>	<b>8656048.68</b>	<b>0.008</b>	<b>279677.822</b>	<b>0.005</b>	<b>4.200</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 18	2R	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655980.946	0.001	279681.349	0.007	4.265	0.002		
		2	8655980.947	0.000	279681.351	0.005	4.269	-0.002		
		3	8655980.949	-0.002	279681.353	0.003	4.269	-0.002		
		4	8655980.946	0.001	279681.358	-0.003	4.265	0.002		
		5	8655980.945	0.002	279681.362	-0.007	4.266	0.001		
		6	8655980.95	-0.003	279681.359	-0.004	4.269	-0.002		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655980.947</b>	<b>0.002</b>	<b>279681.355</b>	<b>0.005</b>	<b>4.267</b>	<b>0.002</b>		
PUNTO 19	2S	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655843.139	0.011	279665.060	-0.014	4.588	0.002		
		2	8655843.152	-0.002	279665.049	-0.004	4.588	0.003		
		3	8655843.151	-0.001	279665.049	-0.003	4.594	-0.004		
		4	8655843.153	-0.004	279665.043	0.003	4.592	-0.002		
		5	8655843.148	0.001	279665.035	0.010	4.586	0.004		
		6	8655843.154	-0.005	279665.039	0.007	4.593	-0.003		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655843.149</b>	<b>0.006</b>	<b>279665.046</b>	<b>0.009</b>	<b>4.590</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 20	2T	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8655853.016	0.004	279664.760	0.001	4.641	-0.001		
		2	8655853.021	-0.001	279664.751	0.010	4.640	0.000		
		3	8655853.026	-0.005	279664.760	-0.001	4.642	-0.002		
		4	8655853.024	-0.004	279664.762	-0.001	4.640	0.000		
		5	8655853.019	0.001	279664.763	-0.002	4.639	0.001		
		6	8655853.017	0.004	279664.769	-0.008	4.639	0.001		
		<b>MEDIA</b>	<b>8655853.02</b>	<b>0.004</b>	<b>279664.761</b>	<b>0.006</b>	<b>4.640</b>	<b>0.001</b>		

VUELO 3 - PLAYAS BARRANQUITO Y LAS CASCADAS - 12/04/2016										
PUNTO 1	3A	MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8657284.027	-0.004	279259.999	-0.001	3.815	0.004		
		2	8657284.023	-0.001	279259.998	0.001	3.821	-0.002		
		3	8657284.021	0.001	279259.998	0.000	3.821	-0.002		
		4	8657284.023	-0.001	279259.998	0.001	3.817	0.002		
		5	8657284.024	-0.001	279260.000	-0.001	3.816	0.003		
		6	8657284.017	0.006	279259.999	0.000	3.823	-0.004		
		MEDIA	8657284.023	0.003	279259.999	0.001	3.819	0.003		
		PUNTO 2	3B	MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)
1	8657244.491			-0.013	279266.959	-0.020	4.065	0.007		
2	8657244.473			0.005	279266.937	0.003	4.073	-0.001		
3	8657244.475			0.003	279266.936	0.003	4.077	-0.005		
4	8657244.475			0.003	279266.936	0.004	4.072	0.000		
5	8657244.476			0.002	279266.936	0.003	4.071	0.001		
6	8657244.478			0.000	279266.934	0.006	4.074	-0.002		
MEDIA	8657244.478			0.007	279266.940	0.010	4.072	0.004		
PUNTO 3	3C			MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)
		1	8657191.309	0.001	279272.902	-0.008	4.242	0.001		
		2	8657191.314	-0.004	279272.894	0.001	4.239	0.003		
		3	8657191.309	0.001	279272.896	-0.001	4.239	0.003		
		4	8657191.307	0.004	279272.896	-0.002	4.244	-0.002		
		5	8657191.309	0.001	279272.892	0.003	4.241	0.001		
		6	8657191.313	-0.003	279272.888	0.007	4.248	-0.006		
		MEDIA	8657191.31	0.003	279272.895	0.005	4.242	0.004		
		PUNTO 4	3D	MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)
1	8657150.192			0.003	279190.940	0.005	1.919	-0.002		
2	8657150.197			-0.003	279190.940	0.005	1.912	0.005		
3	8657150.197			-0.003	279190.945	0.000	1.916	0.001		
4	8657150.192			0.002	279190.949	-0.003	1.918	-0.001		
5	8657150.192			0.002	279190.948	-0.002	1.914	0.003		
6	8657150.197			-0.002	279190.950	-0.005	1.923	-0.006		
MEDIA	8657150.194			0.003	279190.945	0.004	1.917	0.004		
PUNTO 5	3E			MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)
		1	8657131.54	-0.002	279147.808	-0.002	2.154	-0.006		
		2	8657131.537	0.001	279147.802	0.004	2.154	-0.006		
		3	8657131.535	0.003	279147.804	0.001	2.150	-0.002		
		4	8657131.535	0.003	279147.800	0.005	2.148	0.000		
		5	8657131.538	0.000	279147.808	-0.002	2.144	0.004		
		6	8657131.542	-0.004	279147.811	-0.006	2.138	0.010		
		MEDIA	8657131.538	0.003	279147.805	0.004	2.148	0.006		
		PUNTO 6	3F	MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)
1	8657066.916			-0.019	279267.863	-0.011	3.474	-0.004		
2	8657066.889			0.008	279267.858	-0.006	3.473	-0.004		
3	8657066.889			0.007	279267.853	-0.001	3.470	0.000		
4	8657066.884			0.012	279267.850	0.002	3.469	0.001		
5	8657066.901			-0.005	279267.842	0.010	3.467	0.003		
6	8657066.9			-0.003	279267.844	0.008	3.465	0.005		
MEDIA	8657066.896			0.012	279267.852	0.008	3.470	0.003		
PUNTO 7	3G			MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)
		1	8656959.981	0.005	279339.244	0.004	3.976	-0.011		
		2	8656959.977	0.008	279339.248	0.000	3.969	-0.003		
		3	8656959.988	-0.003	279339.248	0.001	3.961	0.005		
		4	8656959.984	0.002	279339.255	-0.006	3.969	-0.003		
		5	8656959.995	-0.009	279339.251	-0.002	3.952	0.014		
		6	8656959.989	-0.004	279339.246	0.003	3.967	-0.001		
		MEDIA	8656959.986	0.006	279339.248	0.004	3.966	0.008		
		PUNTO 8	3H	MEDIDA	NORTE (m)	σ (m)	ESTE (m)	σ (m)	ALTITUD (m)	σ (m)
1	8656984.77			-0.004	279395.664	-0.011	3.621	0.008		
2	8656984.766			-0.001	279395.648	0.004	3.631	-0.001		
3	8656984.765			0.000	279395.651	0.002	3.627	0.003		
4	8656984.764			0.001	279395.654	-0.001	3.631	-0.002		
5	8656984.764			0.002	279395.653	0.000	3.634	-0.005		
6	8656984.763			0.002	279395.646	0.007	3.633	-0.004		
MEDIA	8656984.765			0.002	279395.653	0.006	3.630	0.005		



		MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
PUNTO 9	3I	1	8656987.078	0.012	279388.383	0.002	3.757	-0.003		
		2	8656987.093	-0.003	279388.383	0.002	3.751	0.003		
		3	8656987.091	0.000	279388.385	-0.001	3.756	-0.002		
		4	8656987.092	-0.001	279388.385	-0.001	3.757	-0.003		
		5	8656987.09	0.001	279388.387	-0.003	3.753	0.001		
		6	8656987.1	-0.009	279388.384	0.001	3.750	0.004		
		MEDIA	8656987.09	0.007	279388.385	0.002	3.754	0.003		
PUNTO 10	3J	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656949.272	-0.007	279407.349	-0.003	3.523	0.001		
		2	8656949.276	-0.011	279407.349	-0.003	3.523	0.001		
		3	8656949.259	0.005	279407.353	-0.007	3.524	0.000		
		4	8656949.251	0.013	279407.341	0.005	3.526	-0.001		
		5	8656949.263	0.001	279407.345	0.001	3.526	-0.001		
		6	8656949.265	-0.001	279407.339	0.008	3.525	0.000		
		MEDIA	8656949.264	0.009	279407.346	0.006	3.525	0.001		
PUNTO 11	3K	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656879.36	-0.004	279395.601	0.006	3.619	-0.001		
		2	8656879.36	-0.003	279395.610	-0.004	3.619	-0.001		
		3	8656879.358	-0.001	279395.604	0.002	3.617	0.000		
		4	8656879.358	-0.001	279395.603	0.004	3.618	0.000		
		5	8656879.354	0.003	279395.611	-0.004	3.613	0.004		
		6	8656879.351	0.006	279395.611	-0.004	3.619	-0.002		
		MEDIA	8656879.357	0.004	279395.607	0.005	3.617	0.002		
PUNTO 12	3L	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656815.852	-0.003	279488.920	-0.001	3.654	0.006		
		2	8656815.856	-0.007	279488.913	0.006	3.668	-0.008		
		3	8656815.848	0.001	279488.929	-0.011	3.662	-0.002		
		4	8656815.844	0.005	279488.920	-0.002	3.660	0.000		
		5	8656815.846	0.003	279488.917	0.002	3.665	-0.005		
		6	8656815.848	0.001	279488.912	0.007	3.653	0.008		
		MEDIA	8656815.849	0.005	279488.918	0.006	3.660	0.006		
PUNTO 13	3M	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656760.407	-0.009	279487.307	-0.009	3.633	0.004		
		2	8656760.395	0.003	279487.296	0.003	3.637	0.000		
		3	8656760.396	0.001	279487.302	-0.004	3.640	-0.003		
		4	8656760.394	0.004	279487.293	0.005	3.639	-0.002		
		5	8656760.398	-0.001	279487.298	0.001	3.633	0.004		
		6	8656760.394	0.003	279487.294	0.004	3.639	-0.002		
		MEDIA	8656760.397	0.005	279487.298	0.005	3.637	0.003		
PUNTO 14	3N	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656725.136	-0.007	279531.190	-0.003	3.619	-0.005		
		2	8656725.127	0.002	279531.189	-0.002	3.607	0.007		
		3	8656725.123	0.006	279531.187	0.000	3.610	0.004		
		4	8656725.137	-0.008	279531.186	0.001	3.613	0.001		
		5	8656725.123	0.006	279531.184	0.003	3.617	-0.003		
		6	8656725.128	0.001	279531.185	0.002	3.618	-0.004		
		MEDIA	8656725.129	0.006	279531.187	0.002	3.614	0.005		
PUNTO 15	3O	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656657.629	-0.002	279558.283	0.002	4.243	0.000		
		2	8656657.627	0.000	279558.289	-0.005	4.247	-0.003		
		3	8656657.622	0.005	279558.287	-0.002	4.241	0.002		
		4	8656657.625	0.002	279558.281	0.003	4.239	0.004		
		5	8656657.627	-0.001	279558.282	0.002	4.243	0.001		
		6	8656657.63	-0.003	279558.286	-0.001	4.247	-0.004		
		MEDIA	8656657.627	0.003	279558.285	0.003	4.243	0.003		
PUNTO 16	3P	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656601.16	0.003	279570.691	0.004	4.298	0.001		
		2	8656601.16	0.003	279570.689	0.005	4.306	-0.006		
		3	8656601.16	0.002	279570.697	-0.003	4.299	0.000		
		4	8656601.163	0.000	279570.696	-0.001	4.302	-0.002		
		5	8656601.164	-0.001	279570.696	-0.002	4.301	-0.001		
		6	8656601.169	-0.006	279570.697	-0.003	4.291	0.008		
		MEDIA	8656601.163	0.004	279570.694	0.004	4.299	0.005		

PUNTO 17	3Q	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656566.928	0.012	279572.018	0.002	4.455	-0.004		
		2	8656566.936	0.004	279572.026	-0.005	4.450	0.001		
		3	8656566.937	0.004	279572.017	0.003	4.450	0.001		
		4	8656566.949	-0.008	279572.020	0.001	4.452	-0.001		
		5	8656566.95	-0.009	279572.020	0.000	4.447	0.004		
		6	8656566.943	-0.002	279572.022	-0.002	4.453	-0.002		
		<b>MEDIA</b>	<b>8656566.94</b>	<b>0.008</b>	<b>279572.020</b>	<b>0.003</b>	<b>4.451</b>	<b>0.003</b>		
PUNTO 18	3R	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656565.333	0.010	279559.619	0.006	4.404	0.000		
		2	8656565.346	-0.003	279559.624	0.001	4.407	-0.003		
		3	8656565.343	-0.001	279559.629	-0.004	4.403	0.001		
		4	8656565.344	-0.002	279559.630	-0.005	4.403	0.001		
		5	8656565.345	-0.003	279559.624	0.001	4.406	-0.002		
		6	8656565.343	-0.001	279559.624	0.000	4.401	0.003		
		<b>MEDIA</b>	<b>8656565.342</b>	<b>0.005</b>	<b>279559.625</b>	<b>0.004</b>	<b>4.404</b>	<b>0.002</b>		
PUNTO 19	3S	MEDIDA	NORTE (m)	$\sigma$ (m)	ESTE (m)	$\sigma$ (m)	ALTITUD (m)	$\sigma$ (m)	IMAGEN PERFIL	IMAGEN PANORAMICA
		1	8656580.114	0.000	279555.033	-0.001	1.577	-0.001		
		2	8656580.112	0.002	279555.033	-0.001	1.577	-0.001		
		3	8656580.115	-0.001	279555.033	0.000	1.572	0.004		
		4	8656580.112	0.002	279555.032	0.001	1.579	-0.002		
		5	8656580.114	0.000	279555.033	0.000	1.578	-0.002		
		6	8656580.117	-0.003	279555.032	0.001	1.576	0.001		
		<b>MEDIA</b>	<b>8656580.114</b>	<b>0.002</b>	<b>279555.033</b>	<b>0.001</b>	<b>1.577</b>	<b>0.002</b>		

## ANEXO 6

### RESUMEN - REPORTE DE AGISOFT DEL PROCESAMIENTO

**Tabla N° 24.**Resumen del emc los puntos de control en relación a la ortofoto del vuelo 1  
Procesado en software Agisoft

VUELO 1 - PLAYAS SOMBRILLAS Y YUYOS							
N°	CÓDIGO	ERROR X(m)	ERROR Y(m)	ERROR Z(m)	ERROR(m)	PROYECCIONES	ERROR PIX
1	1C	0.444	-1.858	-7.815	8.045	2	1.104
2	1D	-0.079	0.266	-7.223	7.228	2	0.267
3	1E	0.291	-1.615	-5.070	5.329	2	0.439
4	1G	0.221	-1.187	-1.921	2.269	2	0.201
5	1I	-0.011	-0.924	0.180	0.942	3	0.187
6	1K	-0.071	-0.412	1.609	1.663	5	0.962
7	1L	0.098	0.123	2.726	2.730	4	0.678
8	1M	0.018	0.171	2.597	2.603	4	0.798
9	1N	-0.225	0.288	1.569	1.611	6	1.164
10	1R	-0.044	0.061	0.124	0.145	17	1.252
11	1S	-0.382	-0.406	-2.597	2.656	15	1.436
12	1T	0.540	-0.378	-1.216	1.383	9	1.149
Total		0.265	0.866	3.77	3.873	71	1.12

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 120.**Puntos control Playa Las Sombrillas y Playa Yuyos.Fuente:Elaboración propia



VUELO 2 - PLAYAS BARRANCO Y LOS PAVOS							
Nº	CODIGO	ERROR X(m)	ERROR Y(m)	ERROR Z(m)	ERROR(m)	PROYECCIONES	ERROR PIX
1	2C	-0.115	1.354	2.378	2.739	10	0.748
2	2D	0.996	0.980	5.537	5.711	4	1.708
3	2E	0.799	0.673	2.645	2.843	4	0.597
4	2F	1.104	0.395	3.029	3.248	7	0.700
5	2G	1.643	-0.661	1.946	2.631	6	0.607
6	2H	0.940	2.489	2.078	3.376	1	0.000
7	2I	1.606	-1.956	0.839	2.666	10	1.562
8	2J	1.290	-2.109	-1.000	2.666	10	1.274
9	2K	2.025	-1.951	6.968	7.514	6	0.578
10	2L	0.537	-1.314	-2.387	2.777	3	0.929
11	2M	1.380	-0.596	1.862	2.393	4	1.214
12	2N	1.287	-0.578	-2.545	2.910	5	1.376
13	2O	2.147	-0.700	-4.292	4.850	5	1.421
14	2R	0.157	0.060	-0.920	0.935	8	1.193
15	2S	-0.686	0.903	-0.505	1.242	15	1.450
16	2T	-0.455	0.444	0.988	1.175	17	1.703
17	1C	-0.513	0.845	1.009	1.412	17	1.453
18	1D	-1.967	3.073	-4.184	5.551	15	1.435
19	3Q	-1.565	1.504	-7.417	7.728	8	1.024
Total		1.267	1.422	3.401	3.903	155	9.151

**Tabla N° 25. Resumen del emc los puntos de control en relación a la ortofoto del vuelo 2.**  
**Procesado en software Agisoft.**  
**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura N° 121. Puntos control Playa Barranco y Playa los Pavos.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla N° 26. Resumen del emc los puntos de control en relación a la ortofoto del vuelo 3.**  
**Procesado en software Agisoft**

VUELO 3-PLAYAS BARRANQUITO Y LAS CASCADAS							
N°	CODIGO	ERROR X(m)	ERROR Y(m)	ERROR Z(m)	ERROR(m)	PROYECCIONES	ERROR PIX
1	2B	-1.021	0.475	-0.372	1.186	9	1.239
2	2C	-0.390	0.681	-3.239	3.333	13	1.140
3	2D	0.089	0.545	-6.074	6.099	9	1.492
4	2E	-0.089	0.447	-7.174	7.188	10	2.985
5	3B	0.296	-1.069	-6.189	6.288	9	2.690
6	3C	0.139	-1.028	-2.550	2.753	11	1.129
7	3E	0.444	-0.947	0.804	1.320	13	1.011
8	3F	-0.322	-0.193	3.667	3.686	9	0.352
9	3J	-0.475	0.277	5.611	5.638	16	0.748
10	3L	-0.101	0.320	5.093	5.104	22	0.872
11	3M	-0.549	0.412	5.151	5.196	39	1.385
12	3N	-0.392	0.448	3.337	3.389	25	1.643
13	3O	-0.279	0.638	1.488	1.643	9	3.580
14	3P	-0.413	0.908	-0.429	1.086	18	4.956
15	3Q	-0.304	0.850	-1.878	2.084	20	2.906
Total		0.420	0.675	4.155	4.230	231	2.205

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 122. Puntos control Playa Barranquito y Las Cascadas.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

**ANEXO 7****COMPARATIVA DE POSICIONAMIENTO GEOGRÁFICO**

PUNTOS DE FOTOCONTROL VALOR RTK Y ORTOFOTO  
(MODELOS INDEPENDIENTES) EN PLANIMETRÍA SIG

VUELO 2	
ETIQUETA	ERROR (m)
2A	-
2B	-
2C	-
2D	1.471
2E	0.834
2F	1.081
2G	1.621
2H	-
2I	-
2J	-
2K	-
2L	-
2M	1.381
2N	1.801
2O	-
2P	-
2Q	-
2R	-
2S	1.281
2T	1.120
1C	1.101
1D	1.500
1E	1.440
EMC	1.356

VUELO 3	
ETIQUETA	ERROR (m)
3A	0.669
3B	0.922
3C	0.947
3D	1.22
3E	0.973
3F	0.385
3G	0.669
3H	0.498
3I	-
3J	0.577
3K	1.356
3L	0.277
3M	0.734
3N	0.423
3O	0.739
3P	0.92
3Q	0.78
3R	-
3S	-
2B	1.065
2C	0.733
2D	1.381
EMC	0.859

VUELO 1	
ETIQUETA	ERROR (m)
1A	1.201
1B	-
1C	1.811
1D	-
1E	1.662
1F	-
1G	0.884
1H	-
1I	-
1J	-
1K	0.331
1L	0.172
1M	0.212
1N	0.486
1O	-
1P	0.649
1Q	-
1R	0.128
1S	0.535
1T	0.621
2T	1.641
EMC	0.980


**Figura N° 123. EMC de las ortofotos verificados en Arcgis.**

**Fuente: Elaboración propia.**

## ANEXO 8

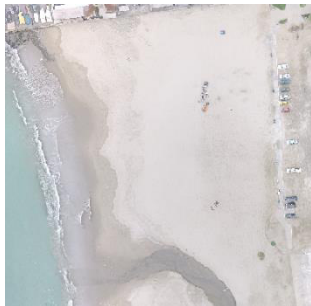
## VERIFICACIÓN DE ERROR ALTIMÉTRICO

Cuadro N° 25. Error altimétrico en la zona de estacionamiento de la Playa Las Sombrillas.

PLAYA LAS SOMBRILLAS  ESTACIONAMIENTO	N°	ALTITUD RTK (m)	ALTITUD MDE (m)	VARIACIÓN (m)
	1	2.5	4.5	2.0
	2	2.5	4.0	1.5
	3	2.3	3.8	1.5
	4	2.4	4.0	1.6
	5	2.3	3.1	0.8
	6	2.5	4.0	1.5
	7	2.3	4.0	1.7
	8	2.4	3.4	1.0
	9	2.4	3.2	0.8
	10	2.4	3.5	1.1
	11	2.5	4.2	1.7
	12	2.6	3.8	1.2
	13	2.5	3.9	1.4
	14	2.4	4.0	1.6
	15	2.2	3.0	0.8
EMC				1.4

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 26. Error altimétrico en la Playa Las Sombrillas.

PLAYA LAS SOMBRILLAS 	N°	ALTITUD RTK (m)	ALTITUD MDE (m)	VARIACIÓN (m)
	1	2.4	3.8	1.4
	2	2.3	3.0	0.7
	3	2.3	3.3	1.0
	4	2.2	2.7	0.5
	5	2.5	3.0	0.5
	6	2.3	2.5	0.3
	7	2.2	2.4	0.2
	8	2.3	2.0	0.3
	9	2.2	2.2	0.0
	10	2.2	1.8	0.4
	11	2.0	2.0	0.0
	12	1.5	1.8	0.3
	13	2.5	3.3	0.8
	14	2.5	3.4	0.9
	15	2.1	2.4	0.3
EMC				0.6

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 27. EMC altimétrico de la ortofoto en el vuelo 1.**

PUNTO CONTROL	N°	ALTITUD RTK (m)	ALTITUD MDE (m)	VARIACIÓN (m)
1R	1	2.9	2.7	0.2
1Q	2	3.9	2.9	1.0
1M	3	6.0	3.6	2.4
1L	4	6.2	3.5	2.7
1K	5	3.3	2.3	1.0
1J	6	5.8	4.0	1.8
1I	7	3.8	3.9	0.1
1B	8	6.8	1.3	5.5
1D	9	2.5	4.4	1.9
EMC				2.4

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla N° 28. EMC altimétrico de la ortofoto en el vuelo 2.**

PUNTO CONTROL	N°	ALTITUD- RTK (m)	ALTITUD- MDE (m)	VARIACIÓN (m)
2T	1	5.4	4.6	0.8
2S	2	4.7	4.6	0.1
2R	3	4.3	4.3	0.0
2H	4	5.4	4.1	1.3
2G	5	6.4	4.0	2.4
2J	6	3.9	4.0	0.1
2I	7	5.4	4.2	1.2
2A	8	2.3	4.5	2.2
EMC				1.3

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla N° 29. EMC altimétrico de la ortofoto en el vuelo 3.**

PUNTO CONTROL	N°	ALTITUD- RTK (m)	ALTITUD- MDE (m)	VARIACIÓN (m)
3O	1	6.0	4.2	1.8
3D	2	1.3	1.9	0.6
3E	3	2.7	2.1	0.6
3C	4	1.5	4.2	2.7
3F	5	7.0	3.5	3.5
3I	6	8.9	3.8	5.1
3J	7	9.2	3.5	5.7
3M	8	8.7	3.6	5.1
EMC				3.7

**Fuente: Elaboración propia.**

## ANEXO 9

## AJUSTE POLINOMIAL SEGUNDO ORDEN–VUELO INDEPENDIENTE

Tabla N° 30. Reporte del ajuste polinomial de segundo orden en Arcgis del vuelo 1.

VUELO 1						
Número	Etiqueta	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	X control (m)	Y control (m)	Residual
1	1S	279540.258	8655176.025	279540.493	8655176.488	0.186
2	1T	279629.137	8655204.412	279628.577	8655204.766	0.148
3	1R	279567.904	8655300.367	279567.935	8655300.303	0.123
4	1M	279619.255	8655421.584	279619.343	8655421.439	0.141
5	1L	279624.350	8655422.305	279624.236	8655422.096	0.181
6	1N	279550.556	8655409.398	279550.812	8655408.676	0.317
7	1K	279590.111	8655558.622	279589.949	8655558.948	0.618
8	1I	279671.958	8655658.669	279671.959	8655659.611	0.084
9	1G	279677.688	8655721.635	279677.556	8655722.564	0.274
10	1E	279677.810	8655785.923	279677.483	8655787.510	0.177
11	1C	279659.602	8655834.512	279659.258	8655836.261	0.303
12	2S	279665.425	8655841.405	279665.046	8655843.149	0.125
13	2T	279665.237	8655851.380	279664.761	8655853.020	0.029
14	1A	279665.486	8655866.027	279664.942	8655867.419	0.373
15	MUELLE	279278.754	8655573.051	279276.958	8655574.559	0.300
16	MUELLE1	279364.838	8655543.637	279363.484	8655543.251	0.543
					EMC	0.291

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 31. Reporte del ajuste polinomial de segundo orden en Arcgis del vuelo 2.

VUELO 3						
Número	Etiqueta	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	X control (m)	Y control (m)	Residual(m)
1	3A	279260.178	8657285.231	279259.999	8657284.023	0.328
2	3B	279267.130	8657245.117	279266.940	8657244.478	0.052
3	3O	279559.059	8656657.727	279558.285	8656657.627	0.188
4	3P	279571.338	8656601.074	279570.694	8656601.163	0.314
5	3Q	279572.736	8656566.736	279572.020	8656566.940	0.213
6	2C	279561.662	8656525.514	279561.254	8656525.987	0.180
7	2B	279477.958	8656529.597	279478.657	8656530.313	0.064
8	2E	279589.657	8656460.557	279588.687	8656461.599	0.317
9	2D	279575.385	8656475.311	279574.485	8656476.303	0.179
10	3N	279531.793	8656725.037	279531.187	8656725.129	0.247
11	3M	279487.484	8656760.549	279487.298	8656760.397	0.148
12	3L	279489.628	8656816.042	279488.918	8656815.849	0.303
13	3K	279395.104	8656880.302	279395.607	8656879.357	0.363
14	3H	279395.741	8656985.599	279395.653	8656984.765	0.062
15	3F	279267.538	8657067.759	279267.852	8657066.896	0.081
16	3E	279147.846	8657131.831	279147.805	8657131.538	0.028
17	3C	279272.967	8657191.683	279272.895	8657191.310	0.418
18	3J	279407.422	8656950.087	279407.346	8656949.264	0.135
					EMC	0.237

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla N° 32. Reporte del ajuste polinomial de segundo orden en Arcgis del vuelo 3.**








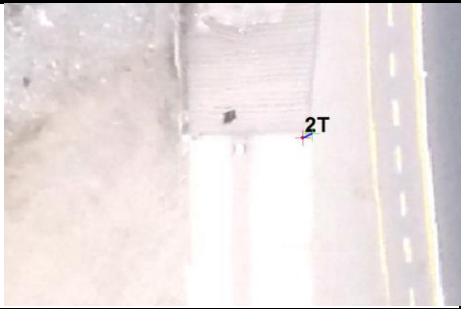
<b>VUELO 2</b>						
<b>Número</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>X ortofoto (m)</b>	<b>Y ortofoto (m)</b>	<b>X control (m)</b>	<b>Y control (m)</b>	<b>Residual (m)</b>
1	2C	279561.214	8656527.452	279561.254	8656525.987	0.098
2	2S	279664.464	8655844.080	279665.046	8655843.149	0.290
3	1C	279658.639	8655837.035	279659.258	8655836.261	0.357
4	2J	279670.916	8656228.637	279669.577	8656230.607	0.060
5	2I	279665.174	8656228.240	279663.663	8656230.209	0.233
6	2G	279630.737	8656350.049	279629.185	8656350.525	0.317
7	2E	279589.506	8656462.135	279588.687	8656461.599	0.027
8	2D	279575.570	8656477.381	279574.485	8656476.303	0.337
9	3P	279567.901	8656603.454	279570.694	8656601.163	0.513
10	AP	279593.256	8655832.673	279590.754	8655830.262	0.272
11	BP	279689.251	8655820.549	279692.270	8655819.582	0.585
12	CP	279672.343	8655819.991	279673.980	8655818.983	0.102
13	DP	279659.559	8655815.024	279660.522	8655813.965	0.350
14	EP	279447.949	8656517.046	279445.571	8656515.303	0.104
15	GP	279548.437	8656560.450	279549.686	8656558.786	0.501
16	HP	279577.436	8656581.331	279579.408	8656579.780	0.058
17	IP	279599.298	8656584.414	279601.492	8656583.527	0.293
18	JP	279586.090	8656574.756	279587.600	8656573.473	0.382
					EMC	0.316

**Fuente: Elaboración propia.**

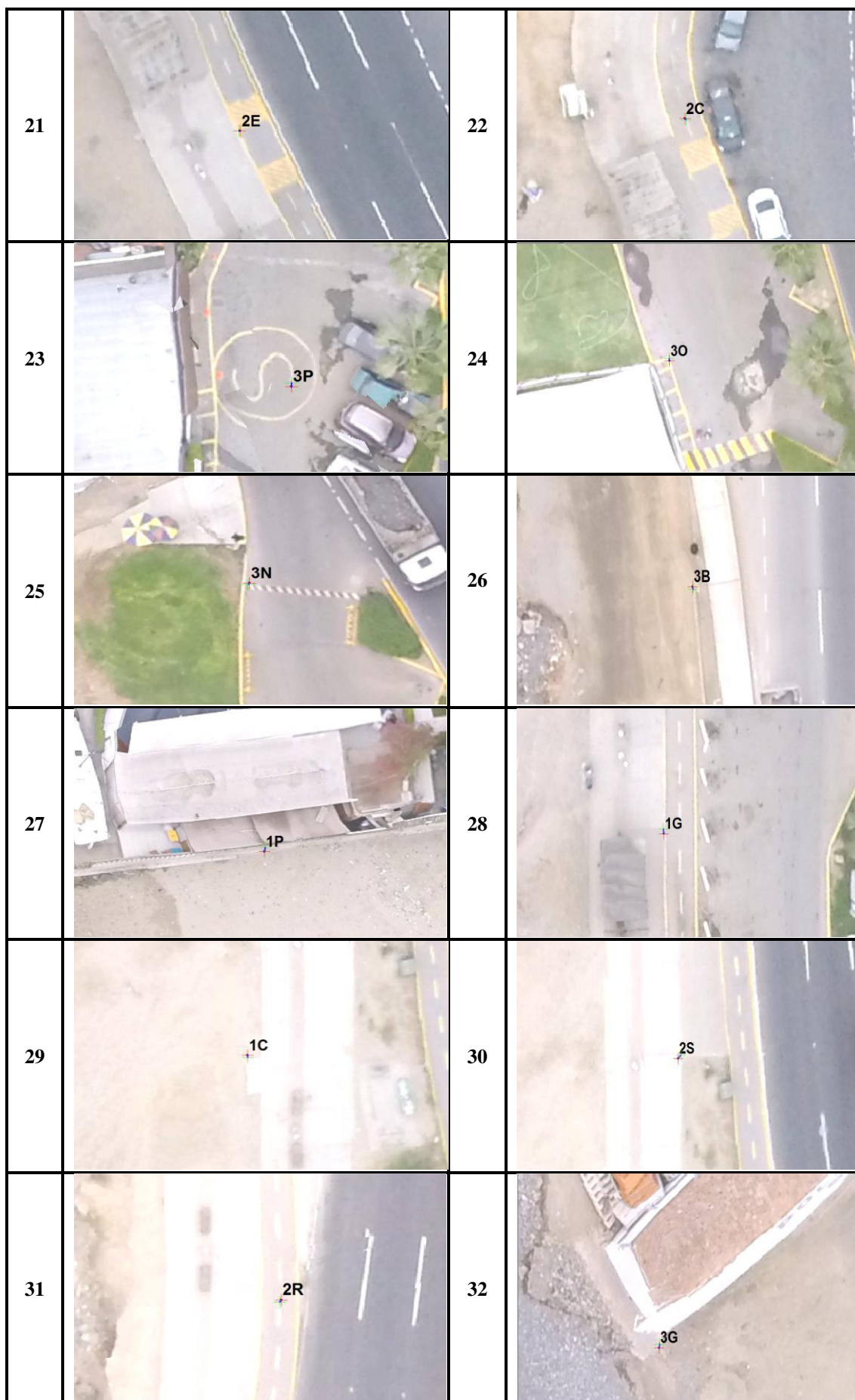
## ANEXO 10

### AJUSTE POLINOMIAL DE SEGUNDO ORDEN DE LA ORTOFOTO DEL ÁREA DE TRABAJO

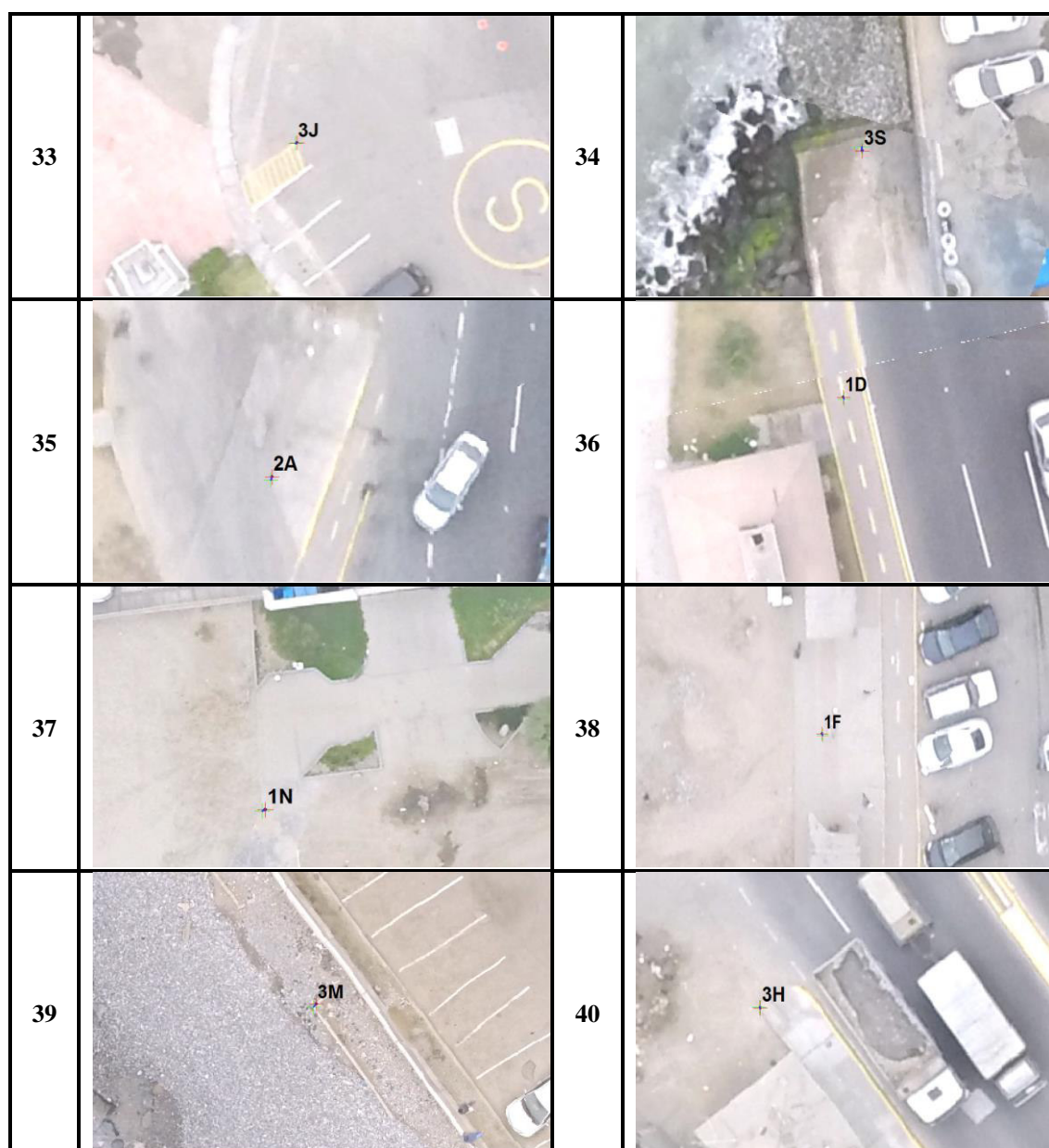
Cuadro N° 77. Puntos de control empleados para el ajuste polinomial del ortofotomosaico.

PUNTOS DE CONTROL - VISUALIZACIÓN ESCALA 1 :100			
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	









Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 11

### LICENCIA DE PILOTO



Figura N° 124.Licencia de Acreditación transitoria de piloto RPA.  
Fuente: Elaboración propia.